

Die reparativen Operationen bei Verletzungen peripherer Nerven und ihre Prognose

Erfahrungen aus der Zeit zwischen den beiden Weltkriegen

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde

der Medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

ANTON BÜRGE

aus

Hornussen (Aargau)

**Die reparativen Operationen
bei Verletzungen peripherer Nerven
und ihre Prognose**

Erfahrungen aus der Zeit zwischen den beiden Weltkriegen

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde

der Medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

ANTON BÜRGE

aus

Hornussen (Aargau)

Von der Medizinischen Fakultät Basel genehmigt
auf Antrag von Herrn Prof. Dr. med. H. Iselin

Tag der Promotion: 19. Dezember 1947



Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung	5
II. Allgemeine Bemerkungen über Nervenverletzungen	6
III. Die Indikationsstellung für Nervenoperationen	7
IV. Methoden der reparativen Nervenoperationen	14
1. Vorbereitende Maßnahmen	15
2. Neurolyse	17
3. Einfache Nervennaht	18
4. Die Technik bei den Nervenoperationen	20
5. Nervenplastik	24
a) Die Lappchenschwenkung	24
b) Die Tubulisation	24
c) Die Distanznaht mit Fadenschlingen	25
d) Die Nervenplastik mit Transplantaten	25
6. Die Nervenanasomosierung	27
V. Konservative Behandlung, Nachbehandlung	29
VI. Die Prognose der operierten Nervenverletzungen	33
Zusammenfassung	44
Literatur	45

I. Einleitung

Die vorliegende Arbeit stützt sich auftragsgemäß vor allem auf die in der Zeit zwischen den beiden großen Kriegen veröffentlichten Erfahrungen auf dem Gebiet der reparativen Operationen bei Verletzungen peripherer Nerven. Die Erkenntnisse aus der Zeit vor und z. T. während dem ersten Weltkrieg sind Gegenstand einer größeren Arbeit von Dr. med. *Walther Gysin* aus den Jahren 1914/15, die auf Anregung von Prof. Iselin gemacht worden war und Direktiven für die kriegschirurgische Tätigkeit geben sollte; sie wurde nicht veröffentlicht, ebenso eine Arbeit Iselins über Methodik und Technik der operativen Behandlung der Nervenverletzungsschäden, weil die Endergebnisse abgewartet werden sollten. Prof. Iselin hat in den Reservelazaretten Badenweiler von Ende 1914 bis 1917 160 Nervenoperationen ausgeführt und eine große Zahl von Kriegs-Nervenverletzungsschäden unter den Augen und z. T. auch unter den Fingern gehabt. Im Hinblick auf die beabsichtigte Bearbeitung der Dauerresultate nach dem Kriege wurde das ganze Beobachtungsmaterial sorgfältig bearbeitet, gesammelt und registriert. Leider waren nach dem Kriege, wegen Auflösung der Heeresseinheiten, weder Krankenblätter noch Adressen zwecks Nachuntersuchung zu erhalten. Da ohne Bericht über den Enderfolg das ganze Beobachtungsmaterial für Veröffentlichung wertlos ist, hat Prof. Iselin dieses Thema dem Verfasser zugeteilt. Diese Arbeit hatte die Aufgabe, zusammenzustellen, welche Richtlinien andere, in der Beziehung günstiger gestellte Beurteiler ableiten konnten.

Im folgenden sind bereits auch schon erste Veröffentlichungen aus dem zweiten Weltkrieg berücksichtigt. Die seit 1918 erfolgten Publikationen über die Nervenoperationen sind indessen so zahlreich, daß nur eine beschränkte Auswahl davon verwendet werden konnte.

Herrn Prof. Dr. H. Iselin möchte ich hier für die Anregung zu dieser Arbeit und für die freundliche Beratung meinen besten Dank aussprechen.

II. Allgemeine Bemerkungen über Nervenverletzungen

Die Kriege, die auch schon als «Trauma-Epidemien» bezeichnet wurden, sind von jeher gewaltige Lehrmeister der Chirurgie gewesen. Dies gilt auch für die Nervenoperationen, waren doch schon im ersten Weltkrieg $1\frac{1}{2}$ —2 % aller Kriegsverwundungen mit Nervenverletzungen verbunden (*Küttner*), während der Prozentsatz im letzten Krieg auf 3,23 (*Doubroff*) angestiegen ist.

Daraus ergaben sich viele Erfahrungen und Erkenntnisse, auf Grund derer bisher anscheinend Feststehendes revidiert werden mußte. So galt es z. B. früher als sicher, daß jeder Muskel von einem bestimmten Nerven innerviert werde. Scheinbare Spontanheilungen von Nervenverletzungen und mehr noch auffallende Schnellheilungen bewiesen jedoch, daß nicht nur zwischen sensiblen, sondern auch zwischen motorischen Nerven vielfache Anastomosen bestehen. So kann ein Nerv, der einen bestimmten Muskel innerviert, Äste an einen weiteren Muskel abgeben, der bereits von einem ihn normaliter innervierenden Nerven versorgt ist. Diese doppelte Innervation kommt beim Affen häufig vor, ist aber auch für den Menschen nachgewiesen. Sie spielt eine bedeutende Rolle bei den erwähnten sogenannten Schnellheilungen von Nervenverletzungen, die oft weniger auf die Funktionswiederherstellung des lädierten Nerven zurückzuführen ist als vielmehr auf eine bereits vorgebildete Anastomose (*Koch, Küttner*).

Die Friedensverletzungen von Nerven, die verständlicherweise viel seltener sind als die Kriegsverletzungen, erfolgen häufiger durch stumpfe Gewalt in Form subkutaner Verletzungen, vor allem Nervenzerrungen (Knochenbrüche, Luxationen, Druck- und Schlafhlähmungen, Geburtslähmungen); am häufigsten sind (auch unter den Kriegsverwundungen) die Verletzungen des N. radialis, der auch von allen peripheren Nerven die günstigsten Wiederherstellungsaussichten hat. Bei den Friedensverletzungen sei ferner auf die beachtliche Häufigkeit der Verletzungen des Plexus brachialis hingewiesen, die für Motoradunfälle (früher für Transmissionsunfälle) typisch sind.

Die Kriegsverletzungen dagegen entstehen entgegenstehend als mehr oder weniger direkte Läsionen von Nerven im Zusammenhang mit offenen Verwundungen (Infanteriegeschosse,

Granatsplitter), die fast ausnahmslos als infiziert zu betrachten sind. *Foerster* weist auf eine bemerkenswerte, durch die gewaltige kinetische Energie der Geschosse bedingte Besonderheit bei den Schußverletzungen hin: Häufig liegt der nachher gelähmte Nerv außerhalb des Schußkanals, kann aber durch den Seitendruck des Geschosses erheblich geschädigt werden. Unter den von ihm beobachteten 4748 Nervenschußverletzungen im ersten Weltkrieg war die Mehrzahl der Nervenschädigungen auf diese Weise erfolgt. Nach *Stender und Klar* ist der Nerv bei Schußverletzungen nur in 20 % der Fälle ganz durchgetrennt. *Foerster* unterscheidet daher zwischen der direkten Kontinuitätstrennung des Nerven durch das Geschöß und der Nervenschädigung durch Nachbarschaft oder Fernwirkung, die zu einer ausgedehnten Nekrotisierung im Gebiet der Schädigung führen und mit einer irreparablen Nekrose aller im Nervenquerschnitt enthaltenen Nervenfasern endigen kann. Zu dieser morphologisch faßbaren Schädigung gesellt sich dann noch die *Commotio nervi*, deren klinisches Bild (beruhend auf kurzfristiger, vollständig reversibler Aufhebung der Leitfähigkeit der Nervenfasern) sich — ungeachtet der Verschiedenheit der Pathogenese — etwa mit demjenigen der leichten Drucklähmungen der Friedenschirurgie vergleichen läßt.

III. Die Indikationsstellung für Nervenoperationen

Die Indikationsstellung gliedert sich in folgende drei Fragen:

1. *ob* eine Nervenoperation vorgenommen werden muß oder darf,
2. *wann* der Eingriff stattfinden soll,
3. *wie* vorzugehen ist.

Diese drei Fragen sind wohl in keinem Fall getrennt zu beantworten, sondern sie überschneiden und bedingen sich gegenseitig. Besonders das *Ob* läßt sich fast immer nur im Zusammenhang mit dem *Wann* beurteilen; diese Fragen sind daher in der Regel gemeinsam zu beantworten. Das *Wie* hingegen läßt oft weiteren Spielraum, da hier vielfach mehrere Möglichkeiten bestehen.

Das *Ob* ist bei frischen Nervenverletzungen ohne weiteres dann selbstverständlich zu bejahen, wenn eine offene Verletzung vorliegt und die Wundrevision einwandfrei ergibt, daß eine

totale Nervendurchtrennung besteht. Dies gilt vor allem für glatte Schnittverletzungen mit einfachen, übersichtlichen Wundverhältnissen, wo es meist relativ einfach ist, sich über Art und Umfang der Nervenverletzung Klarheit zu verschaffen. In den Fällen dagegen, wo der Nerv nicht vollständig durchgetrennt ist, wo also für einen Teil der Fasern wenigstens die anatomische Kontinuität erhalten blieb, ist die Indikation für einen chirurgischen Eingriff nicht von vornherein gegeben, da die Aussichten für Spontanremission sehr günstig sind (*Foerster, Julliard, Stender und Klar* u. a.). Dasselbe gilt auch für die im vorigen Kapitel beschriebenen Fälle, wo der Nerv durch den Seitendruck eines Geschosses eine Fernschädigung erlitten hat. Alle übrigen Fälle, besonders Verletzungen mit ausgedehnten Weichteilschädigungen und sicher stark infizierte Wunden, erfordern zunächst das Abwarten, bis die Wunde geheilt bzw. die Infektion abgeklungen ist.

Der Einfluß der *Wundinfektion* auf den verletzten Nerven, auf die Indikationsstellung und schließlich auch auf die Nervennaht und ihre Prognose wird indessen von verschiedenen Autoren verschieden beurteilt. *Bruce und Newbarr* warten nach Abklingen der Infektion 4—6 Wochen unter konservativer Therapie beobachtend ab. *Kraus und Reisner* sehen in der Wundinfektion keine wesentliche Beeinträchtigung der Heilungsaussichten. *Jaeger* hält Nervenoperationen für nicht eilig und empfiehlt, nach Abheilung der Wunde zwei Monate bis zur Nervennaht zu warten; durch ein Neuaufflackern einer latenten Infektion an der Nahtstelle würde der Erfolg der Naht hinfällig, und eine spätere Vereinigung nach erneutem Auseinanderweichen der Nervenenden wäre erschwert oder gar unmöglich. *Gosset* ist der Ansicht, ein Nerv vertrage den Aufenthalt in einer eiternden Wunde besser, als man gemeinhin glaubt; auch in einer infizierten Wunde könne die Nervennaht halten. Wenn dann auch schlimmstenfalls das funktionelle Resultat der Nervennaht unbefriedigend sei, so verhindere diese wenigstens das Zurückschlüpfen besonders des zentralen Anteiles und erleichtere dadurch spätere sekundäre Eingriffe wesentlich. Ähnlichen Überlegungen folgt *Deery*: Auch bei verschmutzten Wunden soll die Nervennaht, wenn sie möglich ist, ausgeführt werden. Bei schweren Verletzungen, die nicht nur den Nerven betreffen, kann die wünschenswerte End-zu-End-Vereinigung der beiden Stümpfe nicht immer ausgeführt werden. *Deery* rät in diesem Fall, die beiden Enden durch eine Situationsnaht mit schwarzer Seide ein-

ander einigermaßen zu nähern. Der schwarze Faden ist bei einer später auszuführenden endgültigen Nervenoperation eine wertvolle Hilfe für das Aufsuchen der beiden Nervenenden. Auch *E. und D. Sorrel* messen der Wundinfektion nicht allzu große Bedeutung bei, indem sie die Indikation zur primären Nervennaht bei frischen Fällen auch auf Wunden ausdehnen, die nicht durch Primärnaht verschlossen werden können und daher nicht mit Sicherheit einen völlig aseptischen Heilungsverlauf gewährleisten.

Bei älteren Nervenverletzungen ist operatives Vorgehen immer dann indiziert, wenn die Beobachtung keine Spontanheilung erwarten läßt, wenn die konservative Therapie keinen oder nur ungenügenden Erfolg hat und wenn konstante oder sogar progrediente Funktionsausfälle eintreten. Auch heftige Schmerzen können zum Eingreifen zwingen.

Ganz allgemein könnte die Indikationsstellung in folgenden Grundsatz formuliert werden, der auch auf viele andere Eingriffe anzuwenden ist: Eine Nervenoperation soll dann ausgeführt werden, wenn sie 1. möglich, 2. erfolgversprechend und 3. unschädlich ist.

Ad 1. Die Durchführbarkeit der Nervenoperationen hängt von Art und Umfang der Nervenverletzung ab; z. B. der Versuch einer Nervenoperation in einer ausgedehnten Wunde mit Zertrümmerungen und Substanzverlusten oder im Bereich der Narbenmasse einer solchen Verletzung wäre oft eine unnütze Vergeudung von Zeit und Mühe (*Stender und Klar*).

Daß auch der Allgemeinzustand des Verletzten so sein muß, daß ihm eine Nervenoperation (Narkose, lange Dauer) überhaupt zugemutet werden kann, sei als Selbstverständlichkeit nur nebenbei erwähnt.

Ad 2. Eine Nervenoperation soll, wie jede andere Operation, natürlich schon im voraus einige Aussicht auf Erfolg bieten. Sie setzt daher einerseits voraus, daß die Bahnen von der Verletzungsstelle zentralwärts und das Zentrum selbst intakt sind oder, falls auf dieser Seite eine Störung vorliegt, diese reversibler Natur ist. Andererseits muß ein funktionsfähiges oder mindestens wiederherstellungsfähiges peripheres Erfolgsorgan vorhanden sein. Narbige Schrumpfung der gelähmten Muskeln, schwere Ischämie, irreparable Gelenkversteifungen u. dgl. machen auch die technisch vollkommene Nervenoperation illusorisch. Auch ein zeitlich allzu weites Zurückliegen der Verletzung

stellt die Erfolgsaussichten in Frage; *Gosset* hat nach fünf und sogar noch nach zehn Jahren Nervennähte versucht, doch war der Erfolg gar nicht ermutigend. Es ist naheliegend, daß nach so langer Zeit die Inaktivitätsatrophie der Muskulatur irreversible Ausmaße erreicht.

Ad 3. Auf die große Fähigkeit unvollständig durchgetrennter Nerven zu Spontanregeneration wurde bereits hingewiesen. *Stender und Klar* wenden sich daher gegen jede vorzeitige Nervenoperation, durch welche eine im Gang befindliche Spontanrestitution unterbrochen werden kann. Wenn durch eine solche Operation, z. B. eine Narbenresektion, der Nerv vollständig durchtrennt wird, braucht der Organismus nachher viel mehr Zeit für das Neuaussprossen der vielen Achsenzylinder, als eine bereits angelaufene Spontanrestitution benötigt hätte. *Sozon* sieht in der Freilegung eines Nerven, der sich dann als nicht nahtbedürftig erweist, ein zusätzliches Trauma, das sich nur schädigend auswirken kann. Auch *Gosset* empfiehlt, einen Nerven, der sich bei der allgemeinen Wundrevision nur als angekratzt oder bloß seitlich verletzt zeigt, unangetastet zu lassen. Viele Autoren, u. a. *Deery*, *Foerster* und *Küttner*, empfehlen daher größte operative Zurückhaltung.

Nach *Julliard* darf man sich nicht einmal durch das Ergebnis der elektrischen Untersuchung des gelähmten Nerven zu frühen Operationen verleiten lassen, da die elektrische Erregbarkeit als Spätsymptom der Regeneration nichts Verlässliches aussagt über die Spontanheilungsaussichten. Auch *Gebhardt* ist im Auswerten der elektrodiagnostischen Befunde sehr zurückhaltend; *Babcock* zieht die makroskopische Besichtigung des Nerven hinsichtlich seiner Leitfähigkeit der elektrischen Untersuchung vor.

Die Kontraindikationen der Nervenoperationen aufzuzählen hätte nicht viel Sinn, da sie sich aus dem Vorstehenden leicht ableiten lassen.

Wann soll ein verletzter Nerv operativ angegangen werden? Alle Autoren fordern übereinstimmend, es sei nach Möglichkeit die primäre Nervennaht anzustreben, da sie weitaus die größten Heilungsaussichten bietet. Dies gilt vor allem, wie oben gesagt wurde, für die glatten Nervendurchtrennungen mit einfachen Wundverhältnissen ohne größere Weichteilertrümmerungen. In allen anderen Fällen empfehlen die meisten Autoren das Abwarten der Wundheilung (auch der Frakturheilung: *Kraus und Reisner*), worauf nach einer verschieden lang

angegebenen Wartezeit die sekundären Nervenoperationen auszuführen sind. Wie lange man abwarten soll, hängt daher zunächst von der Dauer der Wundheilung ab. Ist diese aber einmal erfolgt, so verschlechtert sich die Prognose mit jeder Woche mehr. Nach *Jalcowitz* bieten die Operationen innert dem ersten halben Jahr nach der Verletzung die besten Erfolgsaussichten; als äußerste Frist gibt er neun Monate an, nach deren Ablauf die Prognose als absolut schlecht bezeichnet wird. *Demel* sieht den optimalen Operationszeitpunkt sechs Monate nach der Verletzung; bei früherem oder späterem Eingreifen würden sich die Ergebnisse verschlechtern. Andererseits ist es nach *Jaeger* für eine Nervenoperation praktisch nie zu spät, da sie auch nach Jahren noch Erfolg haben kann. *Koch* sah nach Nervennähten, die drei bis vier Jahre nach der Lähmung ausgeführt wurden, noch Regenerationen. *Deery* hingegen gibt einer Nervenoperation, die später als zwei Jahre nach der Verletzung ausgeführt wird, so gut wie keine Erfolgschancen mehr.

In bezug auf die Wartezeit schließen sich weitaus die meisten Autoren der Forderung *Foersters* an, nach vier bis sechs Monate langer erfolgloser konservativer Therapie den verletzten Nerven freizulegen, zu revidieren und die erforderliche sekundäre Operation vorzunehmen. *Foerster* greift früher operativ ein:

1. wenn eine Verschlechterung eintritt,
2. wenn bei einem Stillstand gerade wichtige Muskeln gelähmt bleiben,
3. bei heftigen Schmerzzuständen, auch wenn keine motorischen Ausfälle vorliegen, z. B. bei gemischten Nerven.

Stender und Klar fanden die Forderung *Foersters* nach einer vier- bis sechsmonatigen Wartezeit auf Grund ihrer Erfahrungen an einem großen Krankengut zu Beginn des zweiten Weltkrieges durchaus berechtigt. Eine ganze Reihe von Fällen gelangte indessen wegen ausgedehnter Zerfetzung und langwierigen Eiterungen der Wunden erst nach zehn bis vierzehn Monaten zur Nervenoperation, ohne daß jedoch eine Hinauszögerung des Restitutionsbeginnes zu beobachten gewesen wäre. Auf den Erfahrungen über die verschiedene Dauer der Spontanregeneration bei den einzelnen peripheren Nerven basierend, wurden besondere Wartezeit-Schemata aufgestellt (z. B. von *Tönnis*), von denen nachstehend dasjenige von *Stender und Klar* wiedergegeben sei:

Nerv	Sitz der Verletzung	Wartezeit (Monate)
Radialis	Unterarm	6
	Mittleres Drittel des Oberarms	8
	Achselhöhle	10
Medianus und Ulnaris	Handgelenk	4—6
	Mittleres Drittel des Unterarms	8
	Ellbogengegend	6
	Mittleres Drittel des Oberarms	8
	Achselhöhle	10
Musculocutaneus und Axillaris		6—8
Plexus brachialis		10—12
Hinterer Primärstrang (Axill. und Rad.)		8—10
Tibialis	Kniekehle	4—6
Peronaeus	Kniekehle	6
Tibialis und Peronaeus	Mittleres Drittel des Ober- schenkels	8
	Glutaealfalte	10
Ischiadicus	Glutaealregion	12—14

Bei stumpfen Verletzungen empfiehlt *Küttner*, lange abzuwarten, da noch nach Monaten und Jahren Spontanheilungen eintreten können. Bei konservativer Behandlung von 2160 Nervenverletzungen traten nach seinen Angaben in 60 % Spontanheilungen ein, weshalb er zu großer operativer Zurückhaltung rät; erst wenn nach 4—5 Monaten keine Besserung eingetreten ist und Muskelatrophie und Entartungsreaktion bestehen, soll eingegriffen werden, spätestens jedoch nach Ablauf von 6 Monaten. *Ehalt* vertritt sogar die Ansicht, geschlossene Nervenverletzungen sollten nicht vor Ablauf von 6 Monaten operiert werden. Nach *Berntsen* warten amerikanische Neurochirurgen sogar 9 Monate bis zur Operation. Umstritten ist die Frage nach der zeitlichen Indikationsstellung bei stumpfen Verletzungen des Plexus brachialis: Während *Heidrich* sie lange oder gar ausschließlich konservativ behandelt und gute Erfolge damit erzielte, fordert *Fontaine*, man müsse schon in den ersten Tagen operativ eingreifen. Bei ursprünglich offenen Verletzungen hält sich

Deery an folgendes Vorgehen: Wenn nach Heilung der Wunde ein Funktionsausfall im Bereich eines peripheren Nerven besteht, wartet man 6—8 Wochen ab, ob nicht die Funktion von selbst wiederkehrt, was in mehr als der Hälfte der Fälle erfolgt. Tritt dann trotz physikalischer Therapie keine Besserung ein, ist die Revision vorzunehmen. *Cairns und Young* warten 2—6 Monate bis zur Nervennaht und verfolgen in dieser Zeit durch regelmäßige neurologische und elektrische Kontrollen den etwaigen Spontanheilungsprozeß. Nach *Iselin* besteht immer die Gefahr, den für die Operation besten Zeitpunkt zu verpassen.

Wenn bei einer komplizierten Verwundung ein Nerv zerrissen ist, befestigt *Fontaine* die zurechtgestutzten Nervenenden in der Wunde, damit sie nicht zurückschlüpfen können, und macht die Nervennaht erst einige (höchstens 4—5) Monate nach vollkommener Wundheilung.

Besonders lang sind die Wartezeiten nach erfolglosen Nervennahten: Nach *Fontaine* soll man beim Ausbleiben von Restitutionszeichen am genähten Nerven mindestens 6 Monate, eher aber länger, warten bis zur Revision.

Sozon setzt sich eingehend mit der Frage auseinander, ob Nervenverletzungen durch die vordersten chirurgischen Staffeln, also sozusagen an der Front, durch primäre Naht versorgt werden sollen, wie dies von französischen Autoren geübt wurde. Außer für die äußerst seltenen Fälle, die unter besonders günstigen Wundverhältnissen innert der ersten 6—12 Stunden operiert werden können, lehnt er die primäre Nervennaht an der Front aus folgenden Gründen ab: Im Gegensatz zu den meisten Friedensverletzungen führt im Krieg das verletzende Agens mit seiner großen mechanischen Kraft zur Bildung großer Zerfallsmassen im verletzten Nerven und in seiner Umgebung, die zusammen mit der regelmäßig eintretenden Infektion jede Nervenregeneration während den ersten 2 Wochen verhindert. Noch mehr jedoch ist es die Unmöglichkeit einer genauen Diagnostik an der Front, welche die Primärnaht verbietet; die Nahtbedürftigkeit eines Nerven ist oft nur nach längerer Beobachtung abzuklären. Vor allem aber läßt der ganze Betrieb auf dem Hauptverbandplatz oder im Feldlazarett nicht die Zeit und Ruhe, die für Nervenoperationen erstes Erfordernis sind; ebensowenig ist die dafür unbedingt notwendige peinliche Asepsis gewährleistet. *Sozon* kommt daher zum Schluß, der Kriegschirurg solle sich auf eine sachgemäße erste Wundversorgung und auf gesicherte Ruhigstellung in richtiger Lage beschränken; in den Heimatlazaretten

sind zu gegebener Zeit die sekundären Nervenoperationen auszuführen.

Die Indikationen zu den Nervenoperationen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Sichere Feststellung einer Unterbrechung oder Kompression eines peripheren Nerven;
2. Ausbleiben einer Besserung einer Parese oder Lähmung nach 4—6 Monate lang durchgeführter konservativer Therapie;
3. Zunahme einer Parese trotz konservativer Therapie;
4. Auftreten vasomotorischer oder trophischer Störungen;
5. heftige Schmerzzustände nach Nervenverletzungen.

Ad 4. *Tönnis* sieht in vegetativen Störungen (Hyperhidrosis, Verdickung des Unterhautzellgewebes, Erythromelalgie) zunächst keine Operationsanzeige, rät jedoch zu Revision, wenn nach zurückgekehrter motorischer und sensibler Funktion motorische Reizerscheinungen bestehen bleiben. Dreimal fand er bei der Revision als Ursache dafür kleine Stecksplitter im Nerven. Auch *Jaeger* fand in Fällen, wo nachträgliche Schmerzen an der Verletzungsstelle zur Revision zwangen, oft kleinere Granatsplitter in unmittelbarer Nähe des Nerven. *Iselin* und *Bing* berichten über einen Fall von Kausalgie nach Flobertschußverletzung, als deren Ursache Pulverkörner im N. medianus in der Ellenbeuge festgestellt wurden; nach Endoneurolyse besserte sich die Trophik, während periarterielle Sympathektomie nur zu einem Teilerfolg führte.

Mit der Frage, wie Nervenverletzungen behandelt werden, befaßt sich das nächste Kapitel.

IV. Methoden der reparativen Nervenoperationen

Hier ist zunächst zu unterscheiden zwischen primären und sekundären Nervenoperationen. Der Unterschied ist vor allem ein zeitlicher, wenn auch das technische Vorgehen bei den primären Nervennähten meistens einfacher ist als bei den sekundären Eingriffen. Von primärer Nervennaht spricht man, wenn die Operation unmittelbar nach der Verletzung vorgenommen wird. *Foerster* fordert nach allgemein-chirurgischem Grundsatz, daß primäre Nervennähte nur innerhalb der ersten 6 Stunden

nach der Verletzung ausgeführt werden sollen. Alle später ausgeführten Nervennähte sind als sekundäre Operationen zu bezeichnen. Angesichts der besseren Erfolgsaussichten sind sich fast alle Autoren darüber einig, daß die primäre Nervennaht, wo immer sie möglich ist, die Methode der Wahl darstellt. In Friedensverhältnissen hält man sich im allgemeinen an diese Regel, wenn nicht, was leider auch vorkommt, eine Nervenverletzung übersehen wird. Andererseits ist es aber auch möglich, daß ein Nerv nicht primär verletzt wird, sondern daß Funktionsausfälle erst längere Zeit nach Abheilung einer primär versorgten Verletzung auftreten, z. B. infolge sekundärer Nervenschädigung durch derbe Weichteilnarben oder Callusmassen.

1. Vorbereitende Maßnahmen

Dem zahlenmäßigen Überwiegen der sekundären Nervenoperationen gegenüber den primären entsprechend, sollen hier vor den einzelnen Operationen die Maßnahmen besprochen werden, mit denen die oft lange Wartezeit bis zum Eingriff auszufüllen ist. Die Wichtigkeit der vor der Operation durchzuführenden konservativen Therapie wird von vielen Autoren anerkannt oder sogar unterstrichen, besonders von den deutschen und amerikanischen Chirurgen, während die Wiener Schule (*Ehalt, Kraus und Reisner*) ihr weniger Bedeutung beimißt.

Küttner stellt der konservativen Behandlung die Aufgabe, folgenden drei Prozessen, die das funktionelle Resultat jeder Nervenoperation zu beeinträchtigen drohen, entgegenzuarbeiten:

1. Überdehnung der gelähmten Muskeln,
2. Schrumpfungskontraktur ihrer Antagonisten,
3. Versteifung der Gelenke der gelähmten Extremität.

Gegen die Überdehnung der Muskeln, die deren ohnehin unvermeidliche Inaktivitätsatrophie noch beschleunigen und verstärken würde (*Berntsen*) und gegen die Antagonistenkontraktur empfiehlt *Küttner* (ebenso u. a. *Bruce und Newbarr, Deery, Doubroff, Gebhardt*) die Ruhigstellung der Extremität in einer Stellung, in der Ursprung und Ansatz der gelähmten Muskulatur einander zweckmäßig genähert sind.

Den Kontrakturen und Gelenkversteifungen sucht er durch täglich mehrmalige aktive und passive Bewegungsübungen entgegenzuwirken. Ferner übt er intensive Massage, deren Bedeutung *Newbarr* ebenfalls betont, und elektrische Be-

handlung. Im Hinblick auf die Gelenkübungen sollen die ruhigstellenden Schienen leicht verstellbar oder abnehmbar sein. Die Elektrotherapie wird auch von *Deery* neben ausgiebiger medikomechanischer Behandlung sehr empfohlen. *Gebhardt* dagegen verzichtet möglichst auf Apparatebehandlung und Elektrisieren, fordert in erster Linie eine vorwiegend aktive Übungsbehandlung und legt großes Gewicht auf eine milde Dauerdurchwärmung der Muskulatur. Dabei ist das «milde» hervorzuheben, weil die oft beeinträchtigte Sensibilität eine erhöhte Gefahr von Verbrennungen bedingt, die bei den häufig bestehenden trophischen Störungen der Haut eine unangenehme Komplikation darstellen können. *Tönnis* unterstützt eindringlich Foersters Forderung nach ausgiebiger vorbereitender Behandlung mit *Massage* und *Galvanisation* der Muskeln (die nach *Vogel* der für den Kranken viel unangenehmeren Faradisation in ihrer Wirkung überlegen ist). Vor allem ist der Beweglicherhaltung der Gelenke größte Beachtung zu schenken. Auch *Stender und Klar* unterstreichen (unter Bezugnahme auf Foerster) die Wichtigkeit physikalischer Therapie (Galvanisation, Heilgymnastik, Massage usw.). Sie illustrieren dies durch eigene Beobachtungen: Von 78 Nervenverletzungen, die aus verschiedenen Gründen nicht oder nur unzureichend konservativ behandelt worden waren, gelangten nur 33 % zur Spontanrestitution, während diese nach intensiver konservativer Therapie bei 50 % der behandelten Fälle eintreten pflegt.

Die häufigen diagnostischen Schwierigkeiten bei Nervenverletzungen und die Vielseitigkeit ihrer Therapie stellen sehr hohe Anforderungen an den behandelnden Arzt. Das Bedürfnis nach einer gewissen Arbeitsteilung mag daher gelegentlich als berechtigt erscheinen. Andererseits muß man sich darüber klar sein, daß bei jedem Leiden, bei dem psychologische Faktoren eine bedeutende Rolle spielen — und zweifellos gehören dazu die die Arbeitsfähigkeit des Betroffenen häufig für lange oder gar für immer in Frage stellenden Nervenverletzungen —, die Behandlung und Beratung des Kranken besser nur einem einzigen Arzt aufgetragen bleibt. In Übereinstimmung mit anderen Autoren (z. B. *Jaeger*) erachten *Cairns und Young* die enge Zusammenarbeit zwischen Neurologen, Physiotherapeuten, Neurochirurgen und orthopädischen Chirurgen als sehr wesentlich. Die USA hatten schon im ersten Weltkrieg hierfür als Spezialequipe die sogenannten «peripheral nerve centres» ihren Sanitätsformationen zugeteilt.

2. Neurolyse

Diese Operation wird einerseits als selbständiger, in vielen Fällen ausreichender Eingriff vorgenommen, anderseits als Hilfs- oder präparatorische Operation, als erster Akt im Verlauf einer Revision, dem als zweite und wichtigste Phase z. B. die Resektionsnaht angeschlossen wird. Die Neurolyse im ersten Sinne dient der Befreiung eines bloß druckgeschädigten Nerven von den ihn komprimierenden Narbenmassen (bindegewebiger oder knöcherner Natur) oder von einem Fremdkörper (*Deery*), nach deren Beseitigung sich seine Funktion unter konservativer Therapie in vielen Fällen wiederherstellt. *Foerster* beschränkt sich auf die Neurolyse, wenn bei elektrischer Reizung des freigelegten Nerven die entsprechenden Muskeln sich kontrahieren.

Man unterscheidet zwischen extraneuraler (äußerer) und endoneuraler (innerer) Neurolyse. Bei der harmlosen äußeren Neurolyse wird nach *Küttner* das verdickte Perineurium meist samt den umgebenden Narbenmassen entfernt, während der Nerv selbst möglichst geschont wird. Die innere Neurolyse besteht in der Entfernung endoneuraler Narben (z. B. Kontinuitätsfibrome). Sie ist für den Nerven auch bei zartem Operieren viel weniger schonend, und zusätzliche Fibrillenschädigungen lassen sich kaum vermeiden; ferner können an Stelle der entfernten neue narbige Strikturen auftreten (*Stender und Klar*). Deshalb ziehen *Küttner* und *Foerster* in den Fällen, wo eine endoneurale Neurolyse angezeigt wäre, die Resektion der Nervennarbe mit anschließender Nervennaht vor. In den seltenen Fällen, wo es aussichtsreich erscheint, sucht *Foerster* die bei Schußverletzungen durch Fernwirkung entstandenen Kontinuitätsfibrome zu entfernen.

Die Neurolyse ist seit dem ersten Weltkrieg beträchtlich seltener geworden, was nicht etwa darauf zurückzuführen ist, daß ihre Erfolge unbefriedigend wären, sondern vorwiegend darauf (*Stender und Klar*), daß man gelernt hat, unter intensiverer Physiotherapie länger auf die häufigen Spontanrestitutionsen zu warten. Bildeten die Neurolysen an der v. Eiselbergschen Klinik (*Demel*) noch über 25 % aller Nervenoperationen an Verletzten des ersten Weltkrieges, so betrug nach *Stender und Klar* dieser Anteil unter den Nervenverletzungen des polnischen und französischen Feldzuges 1939/40 nur noch etwa 14 %. Bei zweckmäßiger Anzeigestellung leistet die Neurolyse auch heute noch Vorzügliches, ist sie doch die einzige Nervenoperation, bei der

die anatomische Kontinuität des Nerven gewahrt bleibt, wodurch dem Organismus die Wiederherstellung der physiologischen Funktion beträchtlich erleichtert wird. Nach *Kraus und Reisner* ist sie um so erfolgssicherer, je früher sie ausgeführt wird. Ihr Wert wird von den meisten deutschen Chirurgen hervorgehoben, ebenso von *Babcock* und *Jalcowitz*. Auch *Julliard* bestreitet ihre Bedeutung keineswegs, zieht jedoch eine glatte Naht nach Narbenresektion einer ungenügenden Neurolyse vor. Immerhin kann sicher auch der Standpunkt vertreten werden, daß die Neurolyse — als ein bei regelrechter Technik ziemlich harmloser Eingriff, der dem «*primum non nocere*» keinen Abbruch tut — in all den Fällen, wo sie überhaupt in Frage kommt, zunächst versucht werden darf, selbst auf die Gefahr hin, daß sich aus der späteren Beobachtung doch eine sekundäre Resektionsnaht als notwendig erweisen sollte. Zweifellos ist die Entscheidung in vielen Fällen schwierig, da es meist unmöglich ist, den Erfolg schon anlässlich der Revision vorauszusehen.

3. Einfache Nervennaht

Die einfache Nervennaht besteht im Aneinanderlegen zweier Nervenquerschnitte und Vereinigen derselben durch Naht. Sie kann als primäre oder als sekundäre Operation ausgeführt werden. In letzterem Falle muß ihr unter Umständen eine Resektion von Stumpfneuromen oder einer Narbe vorausgeschickt werden. In der Regel setzt die einfache Nervennaht voraus, daß kein wesentlicher Abstand zwischen den beiden zu vereinigenden Nervenenden besteht. Die Dehnbarkeit des Nerven ist zwar beträchtlich, doch werden die Aussichten auf eine Funktionswiederherstellung des gelähmten Nerven um so zweifelhafter, je mehr er bei der Naht gedehnt werden muß. Die Naht darf deshalb nicht unter Spannung stehen (*Berntsen, Doubroff, Fontaine, Küttner* u. a.).

Ist bei Abständen bis zu 3 cm zwischen den beiden zu vereinigenden Nervenenden (*Gosset, Leriche, Lexer*) die einfache Nervennaht noch ohne weiteres möglich, indem die Stümpfe nötigenfalls vorsichtig vorgezogen und leicht gedehnt werden, so erfordern nach *Lexer* Diastasen bis zu 8 cm behelfsmäßige Gelenkstellungen, unter Umständen noch in Verbindung mit langstreckigem Lösen und Vorziehen der Stümpfe oder Verlagerung des Nerven auf eine kürzere Verlaufsstrecke. Schlimmstenfalls kommen sogar Gliedverkürzungen durch Knochenresektion in

Frage. *Fontaine* warnt vor Nähten unter Spannung einerseits, vor unphysiologischen Gelenkstellungen andererseits; beide Maßnahmen können die Blutzirkulation beeinträchtigen, wodurch die Verhältnisse nicht mehr so optimal sind, wie es für die Wiederherstellung der Nervenleitfähigkeit erforderlich wäre. Die anschließende konservative Therapie besteht ja im Gegenteil u. a. in hyperämisierenden Maßnahmen. *Gosset* und *Leriche* verwerfen jeden Zug am Nerven, besonders an dessen zentralem Stumpf, aber ebenso die langstreckige Entblößung des Nerven und extreme Gelenkstellungen.

Stender und Klar konnten für die Radialisnaht sogar Diastasen von 8—11 cm Länge durch bloße Entspannungsstellung des Armes mit gutem Erfolg überwinden. Natürlich liegen die topographischen Verhältnisse nicht bei allen Nerven gleich günstig; der N. radialis, der fast in jeder Beziehung ein dankbares Objekt ist, erleichtert das Operieren auch in dieser Hinsicht.

Nach *Berntsen* darf der Abstand zwischen den beiden Nervenenden nicht so groß sein, daß bei der Naht eine Spannung entsteht, die mit der Gefahr des Abreißens verbunden ist. Er schlägt daher vor, den Nerven durch Beugen der Extremität zu entspannen oder die Enden über eine größere Strecke freizulegen und dann anzuziehen oder dem Nerven eine andere, kürzere Verlaufsrichtung zu geben. Ein weiteres von *Berntsen* mitgeteiltes Verfahren besteht darin, daß man in zwei Sitzungen so vorgeht, daß in der ersten Sitzung die Nervenenden bei gebeugter Extremität miteinander verbunden werden; nach etwa einem Monat wird mit dem allmählichen Strecken der Extremität begonnen, wobei man jeden zweiten Tag um 10° mehr streckt. Sobald die Extremität vollständig gestreckt ist, wird in einer zweiten Sitzung die definitive sekundäre Nervennaht nach Anfrischung der Enden angelegt. Ein ähnliches Vorgehen wird auch von *Bruce und Newbarr* angegeben. Die Verfahren, die sich besondere Gelenkstellungen zunutze machen, sind natürlich nur bei Nerven möglich, die über ein hierfür geeignetes Gelenk hinweg verlaufen, z. B. Radialis, Medianus, Ischiadicusäste.

Zum Schluß sei noch ein von *Young und Medawar* angegebenes Verfahren erwähnt, das sie als «Fibriannaht» bezeichnen; obschon dabei keine Naht im herkömmlichen Sinne gelegt wird, ist es am ehesten als ein Sonderfall von einfacher Nerven-«Naht» aufzufassen. Aus der Überlegung heraus, daß selbst durch ein streng perineurales Nähen Fibrillen verletzt werden können, werden bei dieser Methode die beiden Nervenenden End zu End

aneinandergelegt und mit konzentriertem Blutplasma umgossen, das mit Hähnchenblutplasma vermischt ist und dem kurz vor dem Gebrauch Hühnerembryonenextrakt zugesetzt wird. Diese Mischung gerinnt in $\frac{1}{2}$ bis 2 Minuten zu einer festen, am Nerven stark haftenden Gallerte, welche die Stümpfe aneinanderheftet. In der Gallerte bildet sich ein Fibrin, das etwa die zehnfache Festigkeit gewöhnlichen Fibrins aufweist. Die Autoren wendeten das Verfahren mit gutem Erfolg im Tierversuch an und stellten dabei fest, daß die Fasern die Verbindungsstelle schneller durchwuchsen als bei gewöhnlicher Naht, was durch neurologische und histologische Untersuchungen nachgewiesen wurde.

4. Die Technik bei den Nervenoperationen

Die Feinheit und die durch die hohe Differenzierung bedingte große Empfindlichkeit des Nervengewebes machen die Nervenoperationen zu den schwierigsten Eingriffen. Die Forderung «soignez les détails» gilt hier in sehr hohem Maße, handelt es sich doch vorwiegend um mühsame Kleinarbeit, bei der nicht das Geringste übersehen oder vernachlässigt werden darf. Schon die Versorgung der Haut- und Weichteilwunde bei frischen Nervenverletzungen erfordert besondere Sorgfalt. Bei älteren Verletzungen bietet das Arbeiten in derbem Narbengewebe, das oft von einer trophisch gestörten Haut bedeckt ist, noch zusätzliche Schwierigkeiten, die durch die vielfach veränderten topographisch-anatomischen Verhältnisse weiter erhöht werden.

Alle Autoren anerkennen die Notwendigkeit peinlichster Asepsis. Allgemein wird auch genaueste Blutstillung gefordert, und um die damit verbundene Versenkung von Fremdkörpern (Ligaturmaterial) in die Wunde auf ein Mindestmaß herabzusetzen, sind durch sorgfältiges, vorwiegend stumpfes Arbeiten Blutungen beim Präparieren möglichst zu vermeiden. Das deshalb notwendigerweise langsame Vorgehen stellt hohe Anforderungen an die Geduld des Operateurs.

Über die Zulässigkeit des Arbeitens in Blutleere gehen die Meinungen auseinander; während *Forrester* sie befürwortet, wird sie von einer größeren Anzahl Autoren (*Berntsen, Doubroff, Ehalt, Kraus und Reisner, Newbarr*) abgelehnt. Die Blutleere mag etwa eine Revision erleichtern, und zweifellos wäre infolge der besseren Übersichtlichkeit des Operationsfeldes auch jede andere Nervenoperation damit rein technisch einfacher auszufüh-

ren. Die Gegner der Blutleere führen jedoch gewichtigere Argumente ins Feld:

1. Durch den Esmarchschen Schlauch können zentrale Nervenstämme eine Druckschädigung (lange Operationsdauer!) erleiden; auch die mit Vorteil an Stelle des Schlauches verwendete elastische Binde schließt diese Gefahr nicht völlig aus. Nun kommt es aber bei Nervenoperationen mehr als irgendwo sonst gerade darauf an, die zentrale Nervenleitfähigkeit optimal zu erhalten.

2. Nach Abnahme des Esmarchschen Schlauches können Nachblutungen ins Operationsgebiet erfolgen, die wegen der reaktiven Hyperämie vielleicht ein beträchtliches Ausmaß erreichen; die so entstandenen Hämatome ziehen eine Bindegewebsproliferation nach sich, welche die Gefahr der Nervenschädigung durch Narbenkompression erhöht, wodurch die Operation das Gegenteil ihres Zweckes zur Folge hätte.

3. Bei Abständen zwischen den beiden Nervenenden kann die Fixation des zentralen Stammes durch den Schlauch den Diastaseausgleich behindern (*Iselin*).

Mit dem Problem der Blutleere ist insofern auch die Frage nach der Methode der *Schmerz ausschaltung* bei der Operation verknüpft, als die lokale Infiltrationsanästhesie eine örtliche Blutleere erzeugt, die — wenn auch vielleicht in geringerem Maße — die oben beschriebenen Nachteile der Esmarchschen Blutleere haben kann. Daher wird fast durchwegs der Allgemeinnarkose, ungeachtet ihrer Nachteile, bei Nervenoperationen der Vorzug gegeben (z. B. von *Berntsen*, *Forrester*, *Jaeger*). Für besonders ausgewählte Fälle mag die Lokalanästhesie zugänglich sein; sehr günstig ist die Plexusanästhesie, wo sie angewendet werden kann. Von einer über das beabsichtigte Maß hinausgehenden Beeinträchtigung der Nervenleitfähigkeit durch diese Anästhesie, die man vielleicht befürchten könnte, ist in der durchgesehenen Literatur nichts berichtet. *Doubroff* und *Kraus und Reisner* verwenden für Nervennähte nach Möglichkeit stets die Lokalanästhesie, weil sie die Orientierung erleichtert und vor allem, weil sie die Gefahr der Verwechslung von Nerven und Sehnen herabmindert.

Mit Rücksicht auf die Feinheit der Gewebe, an denen operiert wird, müssen die *I n s t r u m e n t e* äußerst fein beschaffen sein. Die Scalpelle oder die von mehreren Autoren besonders für die Narbenresektionen empfohlenen Rasiermesser sollen sehr fein

und ganz scharf geschliffen sein. *Doubroff* warnt eindringlich vor der Verwendung von Scheren bei Nervenoperationen, da auch die schärfste Schere nicht ohne eine gewisse Gewebequetschung schneiden kann. Auch die Nadeln müssen sehr fein sein; die Form des Nadelquerschnittes scheint bei genügender Feinheit von untergeordneter Bedeutung zu sein. Über das zur Nervennaht zu verwendende Nahtmaterial divergieren die Ansichten. Auffallend viele Autoren (*Ehalt, Fontaine, Jaeger, Koch, Kraus und Reisner, Lexer, Newbarr*) bevorzugen feinste Seide. *Fontaine* verwendet Catgut nur bei der Primärnaht frischer, glatter Nervendurchtrennungen, lehnt es aber für die anderen Operationen mit der Begründung ab, es bedinge Resorptionsgranulome. Andererseits wirken doch auch feinste Seidenfäden als Fremdkörper, die das umgebende Bindegewebe zu Proliferationen reizen, die ebenfalls die Wiederherstellung der Nervenleitfähigkeit beeinträchtigen können. Aus diesem Grund wird von *Forrester* für die Nervennaht ausschließlich Catgut gefordert. *Berntsen* verwendete sowohl Catgut als Seide und fand, daß die Art des Nahtmaterials für den Erfolg der Nervennaht anscheinend gleichgültig ist. *Plâtăreanu* empfiehlt als besonders erfolgversprechenden Nahtstoff 20—30 cm lange Frauenhaare, die durch das Kochen sterilisiert und in Alkohol aufbewahrt werden; sie sollen die Vorzüge von Seide (Haltbarkeit der Naht) und von Catgut (gute Verträglichkeit) in sich vereinigen.

Der Nervennaht muß sehr oft eine Narbenresektion vorausgeschickt werden. *Doubroff* verlangt die Entfernung aller geschädigten Nervenabschnitte. Auch *Foerster* fordert, daß die Narbenresektion im sicher Gesunden durchgeführt werden müsse. *Bruce und Newbarr* empfehlen, bei narbigen Veränderungen mit feinstem Rasiermesser stufenweise Querschnitte zu legen, bis man in beiden Stümpfen nur noch narbenfreie Querschnitte vorfindet. Das zentrale Neurom ist meistens umfangreicher als das periphere (*Forrester*).

In bezug auf die Art der Nervenvereinigung halten sich alle Autoren an die End-zu-End-Vereinigung. Nur in den Fällen, wo die Nervenenden nur zum Zwecke der allmählichen Dehnung des Nerven durch planmäßiges Strecken der gebeugten Extremität miteinander zugfest verbunden werden müssen (vgl. *Berntsen*, zit. S. 19), vernähen *Bruce und Newbarr* nach querer Durchtrennung der Narbe die beiden Narbenenden sich überlappend fest miteinander. Vor der bei größeren Verletzun-

gen mit totaler Nervendurchtrennung unter Umständen bestehender Gefahr der Verwechslung von Nervenenden mit Sehnenstümpfen wird von einigen Autoren gewarnt (*Deery, Doubroff, Forrester*). Wo es nötig ist, Nerven langstreckig freizulegen, sollen diese nach *Bruce und Newbarr* in Kompressen eingehüllt werden, die in warmer physiologischer Kochsalzlösung getränkt sind; die Nervenstämme dürfen dabei nicht rotiert werden.

Bei der Ausführung der Nervennaht selbst bedienen sich alle Autoren der streng *perineuralen* Naht, d. h. einer meistens fortlaufenden zirkulären Naht, die nur die bindegewebigen Hüllen des Nerven erfaßt, die Fasern jedoch möglichst schont. Nähte, die in die Nervenstämme hineingehen, sind zu vermeiden, da durch das Nähen an sich und vor allem durch das Nahtmaterial Achsenzylinder geschädigt werden. *Babcock* hält durchgreifende Nähte für unzweckmäßig, weil sie immer Nekrosen hervorrufen.

Viele Autoren befassen sich mit dem Problem der Umscheidung des gelösten oder genähten Nerven. *Babcock, Deery, Leriche, Newbarr und Bruce, Tönnis* lehnen jegliche Umscheidung ab, weil bei den meisten Methoden die Schrumpfungsgefahr beträchtlich ist. *Babcock, Julliard und Tönnis* empfehlen, die Nahtstelle in gut ernährte Muskulatur einzubetten. Die v. Eiselsbergsche Klinik verwendete früher besonders präparierte Kalbsarterien zur Umscheidung, neuerdings Fettgewebs- oder Muskellappen (*Demel*). Am physiologischsten erscheint das nach *Doubroff* von *Richter* angegebene Verfahren (*Lexer* führt es auf *Eden* zurück), wobei das Epineurium des zentralen Stumpfes so weit abgelöst wird, daß es in Form einer Manchette über die ausgeführte Nervennaht peripherwärts vorgestülpt werden kann. Im Bestreben, die zu erneuten Kompressionen des Nerven an der Nahtstelle führenden narbigen Verwachsungen zu verhüten, suchen viele Autoren nach unschädlichen Umscheidungsmaterialien; so verwenden:

Foerster Fettgewebslappen,

Berntsen Cellophanhülsen (vom Gewebe reizlos vertragen),

Jalcowitz Muskellappen (Schrumpfungsgefahr geringer als bei Fettlappen),

Cairns und Young Guttaperchastreifen oder Amnionmembran.

5. Nervenplastik

Für Abstände von über 8 cm zwischen den zu vereinigenden Nervenenden (*Lexer*) sind Methoden erforderlich, welche die Defekte irgendwie überbrücken (nach *Berntsen* schon bei Diastasen von über 5 cm). Die hiezu verwendeten Schaltstücke können aus lebendem oder totem Material bestehen.

a) Die Läppchenschwenkung

Diese von *Létiévant* angegebene Methode besteht darin, daß aus dem zentralen oder aus beiden Nervenstümpfen durch *L ä n g s s p a l t u n g* ein Nervenläppchen gebildet wird, das sich mit dem peripheren Stumpf bzw. Läppchen vereinigen läßt. Dieses Verfahren hat den Nachteil, daß die Stümpfe durch die Spaltung geschädigt werden (*Lexer*), was wohl der Grund dafür sein mag, daß die Läppchenschwenkung in der neueren Literatur kaum mehr oder nur in ablehnendem Sinn erwähnt wird (z. B. von *Davis*, *Küttner*, *Newbarr*).

b) Die Tubulisation

Bei diesem auch als Tubularnaht bezeichneten Vorgehen werden beide Nervenstümpfe in ein *R o h r* gesteckt, durch welches die auswachsenden Achsenzyylinder die gewünschte Richtung bekommen sollen. Das Rohr kann aus verschiedenartigen Materialien bestehen. Vorzugsweise wurden frische Gefäßstücke eingeschaltet, die bei größern Distanzen, bei denen die aussprossenden Nervenfasern im leeren Gefäß den Anschluß an den peripheren Stumpf nicht finden würden, mit organischen Materialien gefüllt wurden (Agar, strömendes Blut). Auch über diese Verfahren sind im neueren Schrifttum nur spärliche oder vorwiegend ablehnende Angaben zu finden. *Iselin* schlägt vor, den Nerven in Seidenpapier einzuwickeln. *Enderlen* hat schon während des ersten Weltkrieges im Tierexperiment den *Edingerschen* Vorschlag, die Nervenendendiastrase mit Agarröhrchen auszugleichen, nachgeprüft. Nach *Davis* und *Jalcowitz* hat sich die Tubularnaht nicht bewährt. Auch *Berntsen* konnte mit Röhrchen aus entkalktem Knochen oder aus *Fascia lata* keine guten Ergebnisse erzielen, weil sich in den Tubuli immer Sperren von Narbengewebe entwickelten. *Giangrasso* hat früher erfolglose Versuche mit Gummiröhrchen neuerdings wieder aufgenommen und erzielte damit gute Erfolge: In Reihenversuchen wurden an Hun-

den 2 cm des N. ischiadicus reseziert. Die infolge Retraktion etwa 3 cm voneinander entfernten Stümpfe wurden durch ein rechteckiges Stück Gummi aus Operationshandschuhen in der Weise verbunden, daß dieses wie eine Zigarettenhülse um die Stümpfe gerollt und an ihnen durch einige feine Catgutknopfnähte befestigt wurde. Die Regeneration vom proximalen Ende aus ging sehr schnell vor sich; nach 10 Tagen war schon mehr als ein Drittel des Defektes mit ausgesproßten Nervenfasern ausgefüllt, und nach 4—6 Monaten war bei allen Versuchstieren anatomische und funktionelle Restitutio ad integrum eingetreten. Der Fremdkörper wurde gut vertragen, und der Autor führt den Erfolg darauf zurück, daß die Proliferation der Nervenfasern durch das Gummirohr geleitet und geschützt wird und daß die «flüssigen, ernährenden Elemente» sich in diesem Tunnel frei bewegen können, ohne durch Vernarbungen behindert zu werden. Am Menschen wurde diese Methode bei einer Radialisverletzung mit Erfolg angewendet.

c) Die Distanznaht mit Fadenschlingen

Um diese Methode, bei der die voneinander um einige Zentimeter entfernten Nervenstümpfe durch — meist aus Catgut bestehende — «W e g w e i s e r» - F ä d e n miteinander verbunden werden, ist es in der Literatur der Zwischenkriegszeit recht still geworden. Nach *Davis* hat sie sich nicht bewährt. Auch *Berntsen* sah keine guten Erfolge davon, weil sich zwischen den Fäden immer Narbengewebe bildet, das die Proliferation der Achsenzylinder stört. *Babcock* endlich verwirft die «suture à distance» als ein «phantastisches Problem» und strebt mit allen Mitteln die direkte Vereinigung der von Narben befreiten Nervenenden an.

d) Die Nervenplastik mit Transplantaten

Die Nerventransplantationen haben zu vielen Publikationen, vor allem von französischen und italienischen Chirurgen, Anlaß gegeben. Sie bestehen darin, daß an die Stelle eines mehr als 3 cm großen Nervendefektes ein freies Stück Nerv oder Rückenmark eingeschaltet und mit den beiden Stümpfen verbunden wird, um als Leitbahn für die aussprossenden Achsenzylinder zu dienen. Wird als Transplantat ein Nervenstück verwendet, so ist zu unterscheiden zwischen Autotransplantat (Spender und Empfänger identisch), Homoiotransplantat (Nervenstück eines anderen Menschen) und He-

ter o t r a n s p l a n t a t (tierisches Nervenstück); Rückenmarkstücke sind natürlich ausnahmslos Heterotransplantate. Besonders aufschlußreich sind die Mitteilungen von *Gosset*, der am Hund beide Ischiadici durchtrennte und hierauf ein mehrere Tage in 90prozentigem Alkohol fixiertes Rückenmarkstück eines Hasen implantierte; sechs Wochen nach Einheilung des Transplantates war völlige Wiederherstellung der Funktion eingetreten. Am störendsten erwiesen sich bei den Transplantationen die an den Nahtstellen auftretenden Bindegewebsproliferationen,* weshalb man nach bindegewebsarmen Transplantaten suchte; am geeignetsten erwies sich infolge des Reichtums an longitudinalen Fasern der Brustteil des Rückenmarks. Mittels der mitbenützten Dura kann das Transplantat am Perineurium des unterbrochenen Nerven befestigt werden. *Julliard* hält Transplantate aus dem Katzenrückenmark auch für günstig; Rückenmark besteht wohl vorwiegend aus longitudinalen Fasern, die den aussprossenden Nervenfasern als Leitbahnen dienen, daneben aber enthält es auch querverlaufende Fasern, welche die Achsenzylinder ablenken können. *Gosset* hatte zuerst Bedenken, die im Tierversuch so erfolgreiche Methode auf den Menschen zu übertragen: Das heteroplastische und infolge der wegen seiner Brüchigkeit unumgänglichen Fixation tote Transplantat könnte als Fremdkörper störend wirken. Die Erfolge mit Rückenmark von Katzen und Kaninchen waren jedoch auch beim Menschen, wo das Verfahren 27mal angewandt wurde, überraschend gut, indessen dauert die Regeneration lange: 6 Monate beim Radialis, doppelt so viel und noch länger beim Ischiadicus. Ähnlich waren die Ergebnisse bei der Verwendung frischer Heterotransplantate (Ischiadicusstücke vom lebenden Hund); während in Alkohol konservierte Nervenstücke sich als zu hart und auch wegen Schrumpfung als ungeeignet erwiesen (*Fontaine*). *Fontaine* und *Leriche* verwendeten öfters frische Ischiadicustransplantate vom Hund und erzielten damit so schöne Erfolge, daß sie dieses jedem anderen Transplantat vorziehen; Patient und Hund wurden dabei gleichzeitig operiert. Auf Grund seiner Erfahrungen kommt *Leriche* zum Schluß, daß bei kleineren Defekten jedes Transplantat gut sein kann, während bei Defekten von mehr als 8 cm vielleicht keines zu finden ist, das sich als genügend erweist. Die histologische Untersuchung erfolgloser Transplantationen zeigte gewöhnlich, daß die Achsenzylinder nur 2—3 cm vorstießen, um

* Zeichen der Demarkationsentzündung (*Iselin*).

dann an einer verhärteten Partie umzukehren wie in einem Amputationsneurom. Besonders an der distalen Einheilungsstelle des Transplantates kommt es gelegentlich vor, daß sich Narbengewebe bildet, das dem Aussprossen der Nervenfasern im Wege steht und eine Narbenexcision erforderlich macht (*Davis*); immerhin ist in diesen Fällen der eine Wundepunkt, die Überbrückung eines Defektes, überwunden; das weitere Vorgehen entspricht etwa einer Resektionsnaht. *Davis*, *Küttner*, *Sorrel* und *Stender und Klar* halten Autotransplantate für die besten Transplantate und sahen gute Erfolge damit, *Küttner* jedoch nur bei Defekten, die nicht über 5—6 cm hinausgingen; auch nach *Sorrel* bietet die Überbrückung größerer Defekte immer noch oft unüberwindliche Schwierigkeiten. Die Homoiotransplantation wird von *Küttner* wegen schlechter Ergebnisse abgelehnt. *Julliard* geht sogar so weit, Mißerfolge dieser Methode auf Ungleichheit der Blutgruppen von Transplantatspender und -empfänger zurückzuführen, und er fordert für die Homoioplastik Übereinstimmung der Blutgruppen wie für die Bluttransfusion. *Doubroff* hält überhaupt nicht viel von den Transplantationsmethoden. Nach *Davis* und *Julliard* besteht die beste dieser Methoden in der Autotransplantation aus dem sensiblen Musculocutaneusast; dieser Nerv erweist sich indessen für viele Fälle als zu dünn (*Gosset*). *Newbarr*, der diese Methode allerdings nur im äußersten Notfall als erlaubt erachtet, sucht diesem Nachteil zu begegnen, indem er so viele Stücke zu einem Bündel nebeneinanderlegt, bis die erforderliche Dicke erreicht ist («Büscheln»).

6. Die Nerven-anastomosierung

Unter dem im Schrifttum teilweise auch für die im vorigen Kapitel behandelte Nerventransplantation verwendeten Begriff der *Nerv en p f r o p f u n g* soll im folgenden nur die Verbindung des peripheren Stumpfes eines durchtrennten Nerven mit einem gesunden Nerven verstanden sein; durch die Pfropfung soll Nerven-anastomose entstehen. Der gesunde, als Spendernerv zu bezeichnende Nerv wird an der Anastomosenstelle längs aufgeschlitzt und mit dem peripheren Stumpf des verletzten Nerven verbunden. Ein weiteres Anastomosierungsverfahren zur Überbrückung eines größeren Nervendefektes wurde von *v. Hofmeister* (zit. durch *Lexer*) eingeführt und als *D o p p e l p f r o p f u n g* bezeichnet. Dabei werden beide Stümpfe des verletzten

Nerven in den gleichen gesunden Nerven eingenäht, der auf diese Weise als Brücke dienen soll. Zur Nervenpfropfung im weiteren Sinne wird auch die direkte Implantation eines Nerven in einen gelähmten Muskel gerechnet, welche von *Foerster* 21mal mit Erfolg angewendet wurde.

Gatta überprüfte die Leistungsfähigkeit der Nerven Anastomosierung in einem dreireihigen Tierversuch, wobei in der ersten Reihe der periphere Stumpf des durchtrennten Peroneus in den längsgeschlitzten Tibialis versenkt, in der zweiten Reihe nur im Schlitz angelagert wurde, während man in der dritten Reihe diese Anlagerung erst einen Monat nach der Peroneusdurchtrennung ausführte. Die Ergebnisse waren in allen drei Reihen günstig, in der zweiten und dritten Reihe jedoch wesentlich besser, was der Autor darauf zurückführt, daß bei der bloßen Anlagerung nur etwa halb so viel Achsenzylinder des Spendernerven geschädigt wurden und der Degeneration verfielen als bei der Versenkung. *Davis* weist indessen darauf hin, daß zwar einerseits die Achsenzylinder des Spendernerven möglichst geschont werden müssen, daß aber andererseits doch die Durchtrennung einer gewissen Zahl von Achsenzylindern notwendig ist, damit sie in den Empfänger-nerven einwachsen können.

Handelt es sich bei *Gatta* um eine Seit-zu-End-«Anastomose», so zeigte *Pozzan*, ebenfalls im Tierversuch, daß gute Resultate auch mit latero-lateraler «Anastomosierung» erzielt werden können: Der vollständig gelähmte Peroneus wurde seitlich angefrischt und dem ebenfalls seitlich angefrischten gesunden Tibialis angelagert. Auch mit dieser Methode wurde funktionelle Wiederherstellung des Peroneus erreicht. *Pozzan* konnte die bereits von *Gatta* gemachte Feststellung bestätigen, daß für einen optimalen Heilungsverlauf die Durchtrennung von etwa einem Fünftel der Fasern des Spendernerven notwendig ist.

Küttner sah am Menschen gute Erfolge bei Anastomosierung von Hirnnerven, wobei sich als Spendernerv für Facialisverletzungen besonders der N. hypoglossus bewährte; selbstverständlich muß in den Fällen, wo der Spendernerv vollständig für die Anastomose verwendet wird (totale Implantation), als solcher ein Nerv gewählt werden, dessen Ausfall nicht schädlich ist, z. B. für Facialislähmungen außer dem Hypoglossus auch Glossopharyngeus, für Recurrenslähmungen Ramus descendens hypoglossi oder Phrenicus.

Als Spezialfall von Anastomosierung sei zum Schluß ein von *Gebhardt* und *Köstler* angegebenes Verfahren erwähnt, das in Fällen angewendet wurde, wo eine Wiedervereinigung eines verletzten Nerven von vornherein ausgeschlossen erschien und wo man die gelähmte Muskulatur im Hinblick auf spätere orthopädische Operationen (Muskelverpflanzungen) nicht ganz der Atrophie verfallen lassen wollte: Der periphere Stumpf des verletzten Nerven wird in das vegetative Nerven-geflecht einer großen Arterie implantiert, wodurch die Muskulatur einen zentralen vegetativ-nervösen Impuls erhalten soll, von dem eine Besserung des Tonus und der Trophik der gelähmten Muskeln erwartet wird.

V. Konservative Behandlung, Nachbehandlung

Das Anwendungsgebiet der konservativen Therapie bei Verletzungen peripherer Nerven läßt sich in folgende drei Gruppen einteilen:

1. Konservative Therapie als einzige, selbständige Behandlung,
2. konservative Therapie als Vorbereitung auf eine sekundäre Nervenoperation,
3. konservative Therapie als Nachbehandlung einer operierten Nervenverletzung.

Die früher schon erwähnte Neigung vieler Nervenverletzungen* zu «spontaner» (worunter in der Regel zu verstehen ist: operationsloser) Heilung gibt der ersten Gruppe eine bemerkenswerte Bedeutung. Nach *Doubroff* lassen sich konservativ 60 % aller Nervenschäden heilen, 30 % bessern, so daß nur 10 % unbeeinflussbar bleiben. Auch *Julliard* rechnet mit 60—70 % solcher Spontanregenerationen. Da wir aber ohne Operation die anatomischen Verhältnisse nicht kennen, ist ein Vergleich mit rezidivierenden Nervenveränderungen nicht zulässig (*Iselin*). *Foerster* sah unter seinem großen Krankengut 45 % Heilungen und 22 % Besserungen bei konservativer Behandlung, so daß nur ein Drittel der Fälle operiert werden mußte. *Stender und Klar* veranschlagen nach neueren Kriegserfahrungen diesen Pro-

* Besser wäre der Ausdruck: accido-traumatische Nervenlähmungen (*Iselin*).

zentsatz auf mindestens 50. *Heidrich* machte sehr gute Erfahrungen mit der ausschließlich konservativen Behandlung stumpfer Einwirkung auf den Plexus brachialis.

Die Fälle, die unter konservativer Therapie keine oder nur unzulängliche Heilungsfortschritte zeigen, bilden den Übergang zur zweiten Gruppe, bei der die konservativen Maßnahmen als Vorbereitung auf die sekundäre Nervenoperation zu betrachten sind. Diese Gruppe wurde bereits in einem früheren Abschnitt behandelt.

Das dritte Anwendungsgebiet der konservativen Behandlung ist Gegenstand der hier folgenden Ausführungen.

Die große Bedeutung, die der konservativen Nachbehandlung aller operierten Nervenverletzungen beigemessen wird, ist aus der ansehnlichen Zahl von Autoren ersichtlich, die sich — meistens eingehend — darüber äußern. Ihr weitgehender, nach *Stender und Klar* in einzelnen Fällen sogar entscheidender Einfluß auf die Prognose der Nervennaht wird fast durchwegs anerkannt. Vor allem *Foerster* hält die Nachbehandlung für etwas sehr Wesentliches und Unerläßliches, ebenso auch *Tönnis*, und *Berntsen* geht so weit, die guten Statistiken *Foersters* geradezu mit der von ihm geübten sehr energischen Nachbehandlung in Zusammenhang zu bringen. *Stender* kommt auf Grund neuester Erfahrungen — bei unzureichender Nachbehandlung von 18 Nervenschußverletzungen waren 1½ Jahre nach der Operation nur in 4 Fällen Zeichen motorischer Restitution nachweisbar — zum Schluß, daß die ausgiebige Nachbehandlung aus dem Rüstzeug der Therapie peripherer Nervenverletzungen nicht fortzudenken ist. Nach *Küttner*, auf dessen Ausführungen über die Aufgaben der konservativen Therapie in einem früheren Kapitel hingewiesen wurde, steigen die Erfolge bei lange fortgesetzter Nachbehandlung auf 96 %. Auch *Doubroff* ist der Ansicht, der Erfolg der Nervenoperationen hänge wesentlich von der zweckmäßigen Nachbehandlung ab, ebenso *Cairns und Young*, die auf die regelmäßige tägliche physikalische Therapie besonderes Gewicht legen. Die einzigen Ausführungen, die den Wert der Nachbehandlung nicht so rückhaltlos anerkennen, stammen — wie es bezüglich der konservativen Vorbehandlung bereits festgestellt wurde — von Wiener Autoren (*Ehalt, Kraus und Reisner*).

Nach der Nervennaht muß das operierte Glied einige Zeit ganz immobilisiert werden, z. B. nach *Ehalt* 2—3 Wochen,

nach *Berntsen* und *Foerster* 6 Wochen. Hierauf folgt eine bis 6 Monate dauernde orthopädische Nachbehandlung (*Berntsen*) mittels Schienen, die der Antagonistenwirkung begegnen sollen und die nur zu den physiotherapeutischen Sitzungen jeweils abgenommen werden. Die Mittel der konservativen Behandlung wurden bereits im Abschnitt über «die vorbereitenden Maßnahmen» angeführt. *Berntsen* hält neben Massage und aktiven und passiven Bewegungsübungen die Galvanisation entlang der gelähmten Muskulatur für sehr günstig, wozu Ströme von 15—30 Milliampère verwendet werden; dadurch wird die Muskelkontraktilität aufrecht erhalten* und die Wiederherstellung der Nervenleitfähigkeit gefördert. *Bruce und Newbarr* ergänzen diese Mittel noch durch Bäder. *Ehalt* hält weniger von Elektrotherapie und Massage, legt aber größtes Gewicht auf die Mobilisierung der Gelenke. *Jaeger* verwendet außer Bewegungsübungen und Massage ausgiebig den Heißluftkasten. *Stender und Klar* weisen darauf hin, daß bei den Bewegungsübungen der Patient selbst die Hauptarbeit zu leisten hat, indem die tägliche aktive Heilgymnastikstunde vor allem eine Lehrstunde darstellt, in der er richtig dazu angeleitet wird, wie er den ganzen Tag hindurch üben soll. Bei den Fällen, wo entgegen der üblichen zeitlichen Folge die elektrische Erregbarkeit vor der motorischen Funktion zurückkehrt (von *Foerster* als «Gewohnheitslähmungen» bezeichnet, deren Mehrzahl psychogener Natur ist), kann nach *Jalcowitz* mit Psychotherapie oft noch etwas erreicht werden.

Die erforderliche Dauer der Nachbehandlung läßt sich natürlich nie im voraus bestimmen; man könnte eine allgemeine Regel ähnlich fassen wie etwa für die künstliche Atmung: man soll solange Nachbehandlung treiben, bis ein Erfolg eintritt und gesichert erscheint oder aber bis nach allgemeiner Erfahrung kein Erfolg mehr zu erhoffen ist. Dabei ist zu berücksichtigen, daß erfahrungsgemäß jeder Nerv seine eigene durchschnittliche Restitutionsdauer besitzt, über die freilich sehr divergierende Angaben gemacht werden, die im nächsten Kapitel vergleichsweise zusammengestellt sind. *Foerster* führt die Nachbehandlung im Durchschnitt zwei Jahre lang durch, *Cairns und Young*

* Wenn diese Feststellung allgemein von den Neurologen anerkannt ist, dann gehören Lähmungen, die nach Verständigung mit erfahrenem chirurgischem Fachmann sofortige Operation nicht erheischen, zum vornherein in die Hände der Neurologen (*Iselin*).

mindestens ein Jahr, nötigenfalls aber viel länger. Daß die Nachbehandlung auch nach der Funktionswiederherstellung nicht zu früh abgeschlossen werden darf, beweist eindringlich eine Beobachtung von *Stender und Klar*: Ein Kriegsverletzter mit Ischiadicusnaht wurde 14 Monate nach der Operation auf sein Drängen hin mit befriedigender Restitution (Zehenstand möglich) entlassen; kaum ein Vierteljahr später kehrte er mit ausgesprochener Verschlechterung (Zehenstand unmöglich) zurück (Vernarbungsprozeß?).

Zweifellos erfordert gerade die so wichtige Nachbehandlung oft eine riesige *Ausdauer*; weder Arzt noch Patient dürfen die Geduld verlieren. Die stets lange Dauer der Behandlung Nervenverletzter und die oft ebenfalls lange Ungewißheit des Enderfolges bilden eine *psychische Belastung* für den Patienten. Es ist daher unerläßlich, den Verletzten möglichst schon während der Nachbehandlung einigermaßen in den *Arbeitsprozeß* einzufügen (*Vogel*), sei es im ursprünglichen, sei es in einem neuen Beruf. Eine endgültige berufliche Umschulung, falls sie nötig ist, wird indessen frühestens nach Ablauf von etwa zwei Jahren möglich sein, da erst dann ein etwaiger Dauerdefekt festgelegt werden kann. Auch im Kriege wurde die Notwendigkeit erkannt, die Nervenoperierten irgendwie arbeiten zu lassen. *Stender und Klar* warnen vor untätigem Lazarettleben und fordern, es sei frühzeitig für regelmäßige produktive Beschäftigung dieser Patienten zu sorgen.

Eine Gegenüberstellung der Prognose der konservativ und der operativ behandelten accido-traumatischen Nervenlähmungen ruft, nach Ansicht von *Iselin*, ernstliche Bedenken. Das im vorstehenden Kapitel von höchster neurologischer Instanz (*Foerster*) empfohlene konservative Behandlungsverfahren wirkt sich nach der Erfahrung von *Iselin* dahin aus, daß diese Empfehlung als Sanktionieren eines untätigen Abwartens aufgefaßt wird und dazu führt, daß auch bei primär operativen wirklichen Verletzungen die Operation 8—10 Monate hinausgeschoben und so ihre Prognose verschlechtert wird. Eine strikte Indikation für konservative Behandlung ist ebenso wichtig wie für die Operation. Bei Extremitätenschußverletzung ist längeres Abwarten bis zur Heilung der Entzündung sowieso am Platze, allerdings durch sorgfältige Sequestrotomie zu beschleunigen (vgl. Arbeit *Zimmermann*, Lazarett Badenweiler, 200 Operationen von Prof. *Iselin*).

Nach stumpfem Trauma ist eine Kontinuitätstrennung nicht anzunehmen; auch bei toxischer Schädigung — sowie bei Lähmungen nach Leitungsanästhesie — wird kein erfahrener Chirurg den Nerven freilegen wollen, sondern demselben gerne Zeit lassen, sich ungestört zu regenerieren.

Anders liegt die Indikation bei Nervenschaden als Komplikation einer Fraktur. Die Sicherheit, daß der Nerv nicht eingeklemmt ist, erreicht man durch exakte Immediat-Reposition und gute Fixation. Falls nicht Freilegung der Fraktur wegen Interposition notwendig ist, kann die Revision verschoben werden. Ist der Nerv nur gequetscht, kann relativ rasch Besserung eintreten und Heilung abgewartet werden.

Bei einer 40jährigen Büroangestellten E. M. mußte wegen nachträglich aufgetretener Radialislähmung der Nerv freigelegt werden: Neurolyse, Abtragen des Knochens, Verlagerung des Nerven in ein weiches Muskelbett des Triceps. Nach vorübergehender Besserung trat progressive Verschlimmerung ein, so daß Prof. Bing die Diagnose auf irreparablen Schaden stellte. Zweite Operation: neue Endoneurolyse, Erlösen des Nerven aus Umklammerung narbiger Muskulatur, Verschluß des Muskelbettes, Einwickeln des veränderten Nerven in Langesches Seidenpapier. Die Operation brachte in kurzer Zeit, 4—6 Wochen, vollständige Wiederherstellung.

VI. Die Prognose der operierten Nervenverletzungen

Keine Mitteilungen über die Nervenoperationen zeigen so große Verschiedenheiten wie die Angaben, welche ihre Erfolgsaussichten betreffen. Während *Jalcowitz* unter 96 Nervenoperationen (Nähte und Neurolysen) überhaupt keine Heilung bei 52 % Besserungen verzeichnet, kommt *Foerster* auf eine Erfolgsziffer von 97 %, worunter sich 55 % Heilungen befinden. Die Resultate von Naht und Neurolyse zusammen statistisch zu bearbeiten, wird jedoch den tatsächlichen Verhältnissen nicht gerecht (*Iselin*). *Fontaine*, der die Foersterschen Zahlen für übertrieben hält, führt außer den beiden oben genannten noch folgende Autoren mit ihren Erfolgsangaben an: Herzog 12,5 %, Delaginière 85,9 %, Kennedy 73 %, Platt 79 %. Die Ursache dieser großen Unterschiede sieht *Fontaine* darin, daß die Statistiken ganz verschieden aufgestellt werden.

Leriche teilt die Bedenken *Fontaines*, wenn er die Ansicht vertritt, daß selbst in den besten Händen die Mißerfolge zahlreicher sind als die Erfolge; die Mißerfolge betragen 45 % für den Radialis, 60 % für den Medianus, 66 % für den Ischiadicus und 80 % für den Ulnaris. Dabei haben auch die einzelnen Abschnitte der Nerven Radialis, Ulnaris und Ischiadicus ganz ungleiche prognostische Bedingungen (*Iselin*). *Leriche* erwähnt ferner amerikanische Berichte, die nur 10—15 % Heilungen gegen 25—40 % Mißerfolge verzeichnen.

Die zahlreichen Versager unter den Nervenoperationen führt *Leriche* auf folgende Ursachen zurück:

1. Die an sich infolge der spärlichen Gefäßversorgung schlechte Ernährung des Nerven wird noch unzulänglicher, wenn die Naht unter einer gewissen Spannung erfolgen muß, wodurch eine lokale Ischämie hervorgerufen werden kann, welche die Sklerosierung begünstigt.
2. Die Nervenschädigung geht oft weiter, als ohne weiteres festzustellen ist; ausgedehnte interstitielle Neurome beeinträchtigen die Erfolgsaussichten der Naht.
3. Die Umgebung des Nerven, deren Gesundheit für seine Funktion wichtig ist und in der er bei Bewegungen reibungslos gleiten können muß, wird meistens durch das den Nerven verletzende Trauma mitgeschädigt und bildet oft derbe Narben. Als Umgebung für die Nahtstelle eignet sich Muskulatur besser als aponeurotische und sehnige Elemente.
4. Vielleicht spielt in einzelnen Fällen eine B₁-Avitaminose eine gewisse Rolle.

Ein weiterer ungünstiger Umstand liegt sicher auch in der hohen Differenzierung des Nervengewebes; je höher differenziert ein Gewebe ist, desto länger braucht es für regeneratorsche Vorgänge; die Haut regeneriert rascher als die Muskulatur, diese rascher als der Nerv. Bekannt ist ferner, wie wichtig die genaue Adaptierung der Hautränder schon bei der einfachen Wundnaht für die Raschheit der Heilung ist; noch bedeutsamer ist sie bei der Gefäß- und Sehnennaht; unmöglich aber ist sie bei der Nervennaht, wo es auch mit der genauesten perineuralen Naht verständlicherweise nie gelingen kann, die einzelnen zusammengehörigen Nervenbündelstümpfe End zu End («kabelgerecht», wie *Iselin* sagt) miteinander zu vereinigen. Vermeiden jeder Torsion der Nervenbündel bei der Naht des Perineuriums garantiert die richtige Adaptation (*Iselin*). Bei schweren stumpfen Trau-

mata beeinträchtigen die dabei häufig auftretenden interstitiellen Neurome die Prognose (*Küttner*).

Tönnis stellt vergleichsweise folgende Reihe von Statistiken über die Erfolge der Nervennähte nach Totaldurchtrennung zusammen:

Autor	Anzahl der Fälle	Erfolg %	Heilung %	Besserung %	Kein Erfolg %
Foerster	370	97	55	42	3
Stracker	147	75	13	62	25
Roeper	84	22,7	6	16,7	77,3
Ranschburg	414	35,7	0	35,7	64,3
Stoffel	127	62	23	39	38
Spilmeyer	100	59	23	36	41
Tönnis	47	95	?	95	5

Als «Heilung» bezeichnet *Foerster* jeden Fall, bei dem alle vom verletzten Nerven versorgten Muskeln wieder mit Kraft arbeiten; als «Besserung» gilt jeder Fall, bei dem ein Teil der gelähmt gewesenen Muskulatur wieder funktioniert. Andere Autoren unterscheiden drei Erfolgsstufen, indem sie die Besserungen in zwei Kategorien unterteilen; der Begriff der Heilung ist natürlich der klarste und dürfte wohl allgemein entsprechend der *Foersterschen* Definition gedeutet werden. Eine Ausnahme gestattet *Foerster*: Bei den Ischiadicusnähten spricht er auch dann von Heilung, wenn die funktionelle Restitution der kleinen Fußmuskeln ausgeblieben ist. *Stender und Klar* schließen sich diesem Zugeständnis teilweise an, fordern aber auch für die kleinen Fußmuskeln die Wiederkehr der faradischen Erregbarkeit. Bei den Besserungen unterscheiden diese Autoren die beiden Gruppen «fast geheilt» und «gebessert». Die erste Gruppe umfaßt Fälle, bei denen nicht sämtliche Kriterien der Heilung in physiologisch-anatomischer oder funktioneller Hinsicht vorhanden sind, wo sich der Muskelschwund erholt hat und die Wiederkehr der faradischen Erregbarkeit eine weitere funktionelle Besserung erwarten läßt. Als «gebessert» bezeichnen sie alle Fälle, bei denen mindestens ein Muskel aus der gelähmten Gruppe wieder funktioniert (bescheidener Anspruch an den Begriff Besserung! *Iselin*). Klar ist, was als «kein Erfolg» oder als «Versager» gilt; nur darf dieses Urteil nicht zu früh gefällt werden, da unter ausdauernder Nachbehandlung nach Jahren doch noch gelegent-

lich ein Erfolg eintreten kann. Überhaupt wird die Zuteilung der einzelnen Fälle zu den Erfolgsgruppen vielleicht oft zu früh vorgenommen, während sie praktisch kaum zu spät erfolgen kann. Dabei kann man der Versuchung unterliegen, nach der besseren Seite hin Zugeständnisse zu machen, vielleicht in der oft berechtigten Hoffnung, sie durch den weiteren Heilungsverlauf bestätigt zu sehen. Sicher gehört die Verschiedenheit in der Strenge, mit der die Erfolge gewertet werden, neben der Uneinheitlichkeit der Interpretation der Erfolgsbezeichnungen mit zu den später zu besprechenden Umständen, die das Vergleichen der Statistiken erschweren.

Fälle, bei denen ein befriedigendes funktionelles Ergebnis dadurch erzielt wird, daß unter dem Einfluß einer hyperämisierenden und heilgymnastischen Behandlung akzessorische Nervenfasern (bei doppelter Innervation) oder andere Muskeln für die gelähmten vikariierend einspringen (*Fontaine*), dürfen natürlich nicht als Nervennahterfolge gebucht werden — aber auch nicht als solche konservativer Therapie (*Iselin*). Ferner könnte man unschwer eine schöne Statistik aufstellen, wenn man die große Zahl von Nervenverletzungen, die auch ohne Operation eine günstige Prognose haben (nach früher zitierten Angaben sind dies bis 70 %), miteinbeziehen würde.

Die Beurteilung und vor allem der Vergleich verschiedener Statistiken wird ferner dadurch erschwert, daß die einzelnen Nerven, von denen jeder seine besondere Prognose hat, darin prozentual verschieden stark vertreten sind. Der verhältnismäßigen Seltenheit der Nervenverletzungen entsprechend, stützen sich die Statistiken oft auf ein ziemlich kleines Krankengut, wobei nur ein im allgemeinen «günstiger» Nerv (etwa der Radialis) vorwiegend mit ausnahmsweise schlechten Erfolgen vertreten zu sein braucht, während vielleicht zum Beispiel einige durch besonders günstige Umstände erfolgreiche Ulnaris- oder Peronaeus-Nähte (die sich sonst durch eine eher trübe Prognose auszeichnen) dabei sind, und schon erhält die Statistik ein auffallendes, vom Gewohnten abweichendes Bild.

Darüber hinaus fällt noch eine Reihe von Umständen in Betracht, die nicht nur jede Statistik, sondern sogar fast jede darin enthaltene Zahl zu einem Sonderfall werden lassen, der angesichts der Verschiedenheit dieser Umstände nicht mit einem anderen verglichen werden kann. Diese Umstände können von demjenigen, der die Statistik aufstellt, nicht alle beeinflußt, oft nicht einmal beurteilt oder gar gemessen werden. Es handelt

sich dabei z. B. um den Allgemeinzustand des Verletzten, sein Alter, seine somatische und psychische Konstitution, Einflüsse zusätzlicher Verletzungen, die Schwere der Verletzung des Nerven und seiner Umgebung, die Art der ersten Hilfe, die Wartezeit bis zur Operation, die physiotherapeutische Vor- und Nachbehandlung, die Operationstechnik. Der Einfluß des Alters auf die Erfolgsaussichten der Nervenoperation macht sich erst jenseits des 50. Jahres geltend, wenn die Regenerationskraft aller Gewebe nachzulassen beginnt (*Gosset, Herbig*).

Die Angaben über den Zeitpunkt des Restitutionsbeginns weichen ziemlich voneinander ab. Während *Demel* in 91 % der Fälle schon zwei Monate nach der Operation einen ersten Erfolg sah, beginnt dieser nach *Julliard* und *Stender und Klar* meistens zwischen dem 4. und 6. Monat. Noch weiter faßt *Jalcowitz* diese Spanne: Bei der Neurolyse beginnt die Besserung im ersten Halbjahr, bei der Nervennaht zwischen dem 3. und 9. Monat. *Berntsen* stellte die ersten Sekundärnacherfolge nach Ablauf von 6 Monaten fest. Als einzig sicheres Kriterium für die beginnende Wiederherstellung wird das Erwachen motorischer Funktionen bezeichnet, während die Ergebnisse der elektrischen Prüfung mit Vorsicht aufzunehmen sind (*Julliard und Küttner*).

Auch die Erfahrungen über die Restitutionsdauer zeigen erhebliche Unterschiede, wie aus folgender Zusammenstellung ersichtlich ist:

Restitutionsdauer der einzelnen Nerven (in Monaten)

Nerv	minimal	durchschnittlich			maximal
	Foerster	Deery	Foerster	Forrester	Foerster
Radialis	6	6	25	7	40
Medianus	4	8*	19	15	31
Ulnaris	4	10*	18	21	31
Ischiadicus	4	?	25	15	40
Tibialis	?	12	?	18	?
Peroneus	11	9	23	18	36

* *Deery* gibt an: am Handgelenk am Oberarm

Medianus 5 12

Ulnaris 7 14

Die in die Tabelle für diese zwei Nerven eingesetzten Mittelwerte sind zugunsten der häufigeren, aber belasteteren proximalen Verletzung abgerundet.

Wenn also die vollständige Heilung der Nervenverletzungen 2—3 Jahre (*Berntsen*) oder sogar mehr (nach den obigen *Foersterschen* Zahlen handelt es sich um $1\frac{1}{2}$ —2 Jahre durchschnittlich) beansprucht, so darf selbstverständlich ein abschließendes Urteil nie vor Ablauf dieser Zeit gefällt werden. Nach *Stender und Klar* läßt auch eine Beobachtung über 3—4 Jahre in manchen Fällen noch keine endgültige Beurteilung des Enderfolges zu, besonders bei hochsitzenden Verletzungen, z. B. des Plexus brachialis. *Küttner* sah 13—44 Wochen verstreichen, bis die genähten Nerven wieder aktionsfähig waren.

Aus Tierversuchen von *Koch* geht hervor, daß die Heilung eines vollständig durchtrennten Nerven eine bestimmte, nicht abzukürzende Mindestzeit beansprucht. Diese Versuche zeigten ferner, daß es eine Prima Intentio für den genähten Nerven nicht gibt; selbst unter den günstigsten Verhältnissen, wenn nur einzelne Bündel durchschnitten und sogleich unter allen erdenklichen Kautelen wieder genäht wurden, konnte die Heilung nicht beschleunigt werden. Auch unter optimalen Bedingungen gibt es keine Regeneration ohne Degeneration, und diese beiden Vorgänge erfordern eben immer eine ganz bestimmte Zeit. Die meßbare Geschwindigkeit des Auswachsens der Achsenzyylinder beträgt 1—2 mm pro Tag (*Julliard*).

Hiezu eine Beobachtung von Prof. *Iselin*: Bei einem 27jährigen Mädchen mit Geburtsplexuslähmung geriet der dem Haken entgleitende N. ulnaris in der Tiefe der Operation (dorsale Verlagerung des Extensor carpi rad., Tenotomie des Flexor uln.) unters Messer. Der quer durchtrennte Nerv wurde freigelegt, sofort genäht, umscheidet mit Seidenpapier. Nach zirka 4 Wochen erschienen die ersten Zeichen von Wiederkehr der Funktion, nach 10 Monaten bestand volle Wiederherstellung, alle ulnaren Muskeln funktionieren.

Wenn nun die Erfolge der primären Nervennaht im allgemeinen besser sind als die der sekundären (*Herbig, Kraus und Reisner*), so liegt dies sicher daran, daß die zur Primärnaht kommenden Fälle meistens von vornherein günstiger liegen (glatte Durchtrennung, geringere Längsausdehnung der Nervenschädigung) und daß aber auch die Ausfallserscheinungen im gelähmten Gebiet infolge kürzerer Dauer sich weniger schädlich auswirken. *Leriche* hingegen hält die Primärnaht nicht unbedingt für aussichtsreicher; Nervennähte, die wenige Stunden nach der Verletzung ausgeführt wurden, zeigten noch nach Jahren keinerlei Erfolg. *Kraus und Reisner* sahen nach Sekundärnähten viel häufiger (in 41 % der Fälle persistierende) vasomotorisch-trophische Störungen.

Von allen Nervenoperationen zeitigen die äußeren Neurolysen weitaus die besten Erfolge. *Jalcowitz* fand 90 % der extraneuralen Neurolysen erfolgreich. Ein ähnliches Ergebnis läßt sich aus folgender Zusammenstellung äußerer Neurolysen von *Stender und Klar* ablesen:

Lokalisation	Anzahl	geheilt	fast geheilt	gebessert	ohne Erfolg
Plexus brachial.	2	1		1	
Radialis	1	1			
Medianus	7	3		2	2
Ulnaris	7	6			1
Medianus + Ulnaris	2	1	1		
Musculocutaneus	2	2			
Ischiadicus	4	2		2	
Tibialis	2	2			
Peronaeus	2	1		1	
total	29	19	1	6	3
oder	100 %	65,52 %	3,45 %	20,69 %	10,34 %

Die rund 200 Neurolysen *Foersters* führten sogar in 77,8 % zur Heilung, in 19,6 % zur Besserung. Auch in der weiter unten wiedergegebenen Statistik von *Demel* sind die extraneuralen Neurolysen mit 34 Fällen vertreten, worunter sich über 88 % Erfolge befinden. Der Bericht von *Herbig* über 18 Neurolysen verzeichnet nur einen Mißerfolg bei 11 gebesserten und 6 geheilten Fällen; beim Radialis und beim Musculocutaneus war der Erfolg hundertprozentig. Nach *Jaeger* erzielt die Neurolyse nur 70 % Erfolge, ist aber auch nach seinen Angaben den Nerven-
nähthen, denen darin nur 50—60 % Erfolge zuerkannt werden, immer noch deutlich überlegen. Viel weniger rühmend lauten die spärlichen Mittheilungen über die endoneurale Neurolyse. Unter den 9 Fällen *Demels* befinden sich nur 3 Erfolge, die über eine mäßige Besserung nicht hinausgehen. Unter den von *Stender und Klar* ausgeführten 32 Neurolysen befanden sich nur 3 endoneurale, wobei der Erfolg in keinem Fall befriedigte. War auch die motorische Restitution teilweise zufriedenstellend, so wurden die Erwartungen hinsichtlich Beseitigung kausalgischer oder anderer Schmerzzustände (Nervenschuß-Schmerz) und vasomotorischer Störungen meistens enttäuscht. Die angeblich schlechte Prognose

der Endoneurolyse ist in der Hauptsache auf die schwere anatomische Schädigung des Nerven zu beziehen. Ohne Beseitigung des endoneuralen Callus keine Heilung! Die Frage lautet nach *Iselin*: Endoneurolyse oder Resektion? So figurieren unter der Endoneurolyse alle die zum vornherein als Versager stigmatisierten narbig veränderten Nervenstämme. *Iselin* hat eine große Anzahl von Neurolysen in Kriegs- und Friedenspraxis durchgeführt, und zwar mit dem Bestreben, möglichst sorgfältig alle erhaltenen Kabel durch Isolierung mit feinstem Messerchen von oben her aus dem Callus herauszuarbeiten und den Narbencallus so gut als möglich zu entfernen. Auf diese Weise kann unter Umständen mehr erreicht werden als mit Nervenresektion oder gar Nerveneinpflanzung. Die Operation gehört zu den mühsamsten und subtilsten Eingriffen. Nachher wird der Nerv durch Einhüllen in *Langesches* Seidenpapier nach *Iselin* geschützt.

Einleuchtend ist das Einwickeln des Nerven in Gummihandschuhstückchen. Das bezweckt, wie das Seidenpapier, neue Verwachsungen zu verhüten und hat vielleicht den Vorteil, daß diese Umhüllung tatsächlich einer Zirkulation bessere Möglichkeiten gibt. Andererseits wissen wir durch die 20jährige Arbeit von *Fritz Lange*, München, daß nach seiner Methode präparierte Seidenpapierfetzen Bildung einer Fremdkörperbursa provozieren und nur liegen bleiben, wenn sie irgendwie durch Belastung, Muskelgleiten, beansprucht werden. So kann man den Nerven schützen, durch Flüssigkeitstränkung der Umgebung isolieren. *Iselin* hat auch Sehnen mit Seidenpapier umhüllt und sogar an einem Daumengrundglied gute Gleitfunktion beobachten können.

In bezug auf Erfolgsaussichten steht an zweiter Stelle die einfache Nervennaht. Die Erfolge der Neurolysen sollten mit denen der Nervenresektionen nicht verglichen werden; eine genügende Respektierung des c. p. ist hier nicht möglich. *Berntsen* hatte 66 % Erfolge mit Sekundärnähten. *Herbig* berichtet über 17 Nervennähte, von denen 7 = 41 % zur Heilung und 9 = 53 % zur Besserung gelangten, woraus sich also 94 % Erfolge ergeben. Von den 370 Resektionsnähten *Foersters* führten 55 % zur Heilung und 42 % zu Besserungen, so daß der Gesamterfolg sich auf 97 % bezieht. *Küttner* errechnet sogar fast 98 % Erfolge, indem von 188 Nervennahtfällen 77,2 % geheilt und 20,7 % gebessert wurden.

Über die Erfolge der Nervenplastiken finden sich nur wenige statistische Angaben. *Foerster* erzielte unter 21 Autoplastiken

26 % Heilungen und 63 % Verbesserungen. 17 Autoplastiken von *Stender und Klar* (als Autohomoiotransplantationen bezeichnet) waren in 94 % erfolgreich mit rund 35 % Heilungen, 29½ % Fast-Heilungen und ebensovielen Besserungen. *Gosset* berichtet über gute Erfolge von Rückenmarkstransplantaten, die bei einer Radialis-, zwei Medianus- und einer Ischiadicusverletzung nachgeprüft werden konnten. Bei den Autoplastiken rechnet er mit 35 % Heilungen und 45 % Verbesserungen.

Auch die Ergebnisse der Nerven Anastomosen sind nur durch eine Mitteilung *Foersters* vertreten, wonach die totale Implantation die besten Erfolge ergibt, aber auch die partielle Implantation (deszendierend und ascendierend) sich ordentlich bewährt hat. Die direkte Implantation in einen Muskel wandte *Foerster* in 21 Fällen mit befriedigendem Erfolg an.

Demel faßt die Erfolge von 164 an der v. Eiselsberg'schen Klinik ausgeführten Nervenoperationen (69 Friedens- und 95 Kriegsverletzungen) in folgenden Tabellen zusammen:

Operationen bei Friedens- verletzungen	Anzahl	Besserung			Heilung
		keine	mäßige	weit- gehende	
Äußere Neurolyse	17	2	5	5	5
Innere Neurolyse	2	2	—	—	—
Totale					
Resektionsnaht	40	8	17	5	10
Plastik	2	—	—	2	—
Überbrückung	7	2	5	—	—
Propfung	1	—	—	1	—
	69	14	27	13	15

Operationen bei Kriegs- verletzungen	Anzahl	Besserung			Heilung
		keine	mäßige	weit- gehende	
Äußere Neurolyse	17	2	11	4	—
Innere Neurolyse	7	4	3	—	—
Partielle					
Resektionsnaht	23	12	8	3	—
Totale					
Resektionsnaht	48	27	19	2	—
	95	45	41	9	—

Die Rangordnung der einzelnen peripheren Nerven in bezug auf ihre Erfolgsaussichten ergibt sich aus den Statistiken einiger Autoren wie folgt (auch hier keine einheitliche Beurteilung [*Iselin*]):

Jalcowitz	Foerster	Küttner	Melkonjan	Leriche	Stender und Klar
Radialis	Tibialis	Radialis	Radialis	Radialis	Medianus
Medianus	Ulnaris	Peroneus	Ischiad.	Medianus	Ulnaris
Ischiad.	Medianus	Ischiad.	Tibialis	Ischiad.	Radialis
Ulnaris	Radialis	Ulnaris	Medianus	Ulnaris	Tibialis
Peroneus	Ischiad.	•			Peroneus
	Peroneus				Ischiad.

Melkonjan führte an 31 Nervenverletzungen (vorwiegend Kriegsverwundungen) Resektionsnähte aus mit folgenden Ergebnissen:

Lokalisation	Anzahl	Heilung	Besserung	Zweifelhaft	Resultatlos
Plexus brach.	4	1	2	1	—
Radialis	3	3*	—	—	—
Medianus	6	1	4	—	1
Ischiadicus	14	—	10	3	1
Tibialis	4	—	3	1	—
total	31	5	19	5	2
oder	100 %	16 %	61½ %	16 %	6½ %

Gesamterfolg = 77½—93½ %, je nach dem Endergebnis der als zweifelhaft bezeichneten Fälle.

* Bei den drei Radialisfällen handelte es sich um vollständige Zerstümmerungen; die Funktion war nach 3, 5 und 8 Monaten schon wiederhergestellt.

Foerster erreichte bei seinen 370 Nervennähten (Kriegsverletzungen) folgende Ergebnisse (in % ausgedrückt):

Nerv	Heilung	Besserung	Versager
Radialis	56,0	39,4	4,6
Medianus	41,0	56,6	2,4
Ulnaris	43,9	54,9	0,8
Ischiadicus	34,0	60,0	6,0
Tibialis	60,0	40,0	—
Peronaeus	62,5	31,3	6,2
Gesamtergebnis	55,0	42,0	3,0
	Erfolg = 97 %		

Die neueste noch berücksichtigte Statistik bezieht sich auf 144 von *Stender und Klar* an Kriegsverletzten ausgeführte Nerven-nähte; sie zeigt folgendes Bild:

Nerv	Anz. der Fälle	nicht ver- wert- bar	Versager		Erfolge					
					gebessert		fast geheilt		geheilt	
		Anz. der Fälle	Anz. der Fälle	o/o	Anz. der Fälle	o/o	Anz. der Fälle	o/o	Anz. der Fälle	o/o
Plexus brach.	5				4	80,0			1	20,0
Radialis	30	1	1	3,4	4	13,7	1	3,4	23	79,3
Medianus	24	2			7	31,8	1	4,5	14	63,6
Ulnaris	24	3			3	14,2	4	19,0	14	66,6
Med. + Uln.	13	2			6	54,5	2	18,1	3	27,3
Ischiadicus	16	1	3	20,0	8	53,3			4	26,6
Tibialis	8		1	12,5	3	37,5	1	12,5	3	37,5
Peronaeus	24	2	3	13,6	6	27,2	2	9,1	11	50,0
	144	11						8,2 o/o	54,8 o/o	
	133				30,8 o/o			63,1 o/o		
Gesamtergebnis :				6 o/o	93,9 o/o					

Die hervorragende Bedeutung der konservativen Behandlung der Nervenverletzungen vor und nach der Operation wurde bereits erwähnt. Es sei aber auch an dieser Stelle nochmals betont, daß diese Maßnahmen einen beträchtlichen Einfluß auf die Heilungsaussichten ausüben, worauf u. a. *Berntsen, Foerster* und *Tönnis* hinweisen; *Stender* konnte diese Tatsache an einer früher ausführlich geschilderten Reihe von Fällen deutlich nachweisen.

Zusammenfassung

1. Gestützt auf die zur Hauptsache in der Zeit zwischen den zwei Weltkriegen erschienenen Veröffentlichungen wurden die Erfahrungen auf dem Gebiet der reparativen Nervenoperationen vergleichend mitgeteilt.

2. Die Verletzung der peripheren Nerven geht, besonders bei Kriegsverwundungen, einerseits oft viel weiter, als das Ergebnis der Revision vermuten läßt. Andererseits erweisen sich bei abwartendem Verhalten viele Nervenschädigungen, sogar solche mit schwerem klinischem Bild, als reversibel und als heilbar ohne Operation.

3. Bei der Anzeigestellung zum operativen Eingreifen ist man geneigt, die Wartezeiten für die sekundären Nervenoperationen länger anzusetzen als früher.

4. Unter den Operationsmethoden haben — ungeachtet der teilweise guten Ergebnisse von Transplantation und Anastomosierung — die Neurolyse und die einfache primäre oder sekundäre Nervennaht ihren Vorrang behauptet, während die Lappchenschwenkung, die Tubularnaht und die Distanznaht mit Fadenschlingen nur noch wenig Beachtung finden (*Edinger*).

5. Auf die konservative Therapie, sowohl als selbständige und ausreichende Behandlung, wie auch vor allem als Vor- und Nachbehandlung bei Nervenoperationen, wird vermehrtes Gewicht gelegt.

6. Die Mitteilungen über die Prognose der Nervenverletzungen zeigen große Unterschiede, die aber nicht so liegen, daß die neueren Erfolgsangaben als wesentlich besser bezeichnet werden könnten als die älteren.

Literatur

- Babcock*, W. Wayne: A standard technique for operations on peripheral nerves; with special reference to the closure of large gaps. Surg., gynaecol. a. obstetr. Bd. 45, Nr. 3, S. 364—378, 1927.
(Zit. nach Ref. im Z.O.* 40. Bd., 1928, S. 440.)
- Berntsen*, Aage: Le traitement chirurgical des lésions nerveuses périphériques. Revue générale. Acta orthop. scand. (Kopenhagen) 3, 43—80, 1932.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 60. Bd., 1932, S. 390.)
- Berntsen*, Aage: Erfolge sekundärer Nervennaht und Neurolyse. Ugeskr. Laeg. 1942, 863—866.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 108. Bd., 1943, S. 203.)
- Cairns*, Hugh, and *Young*, J. Z.: Treatment of gunshot wounds of peripheral nerves. Lancet 1940 II, 123—126.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 103. Bd., 1941, S. 197.)
- Davis*, Loyal, and *Cleveland*, David A.: Experimental studies in nerve transplants. Amer. Surg. 99, 271—283, 1934.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 66. Bd., 1934, S. 590.)
- Deery*, Edwin M.: Injuries to the peripheral nerves. Surg. Clin. N. Amer. 21, 469—483, 1941.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 104. Bd., 1941, S. 182.)
- Demel* (Wien): Die Chirurgie der peripheren Nerven. Aussprache an der 55. Tag. d. Dtsch. Ges. f. Chir., Berlin, Sitzg. v. 8.—11. IV. 1931.
- Doubroff*, J. G.: Les lésions des nerfs périphériques. Ortop. i Travmat. 14, 43—53, 1940.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 99. Bd., 1940, S. 445.)
- Ehall*, W.: Behandlungsergebnisse von Verletzungen peripherer Nerven. Sitzg. v. 26.—30. IX. 1938, Ber. 8. internat. Kongr. f. Unfallmed. u. Berufskrankh. 2, 419—440, 1939.
- Foerster*, O.: Die operative Behandlung der Schußverletzungen der peripheren Nerven. Münch. med. Wschr. 1934, II, 1183—1187.
- Foerster*, O.: Die Verletzungen der peripheren Nerven. Sitzg. v. 26.—30. IX. 1938, Ber. 8. internat. Kongr. f. Unfallmed. u. Berufskrankh., 2, 325—354, 1939.
- Fontaine*, René: Les indications thérapeutiques dans les plaies des nerfs récentes et anciennes. Bull. méd. 1940, 129—136.
- Forrester*, C. R. G.: Peripheral nerve injuries, with results of early and delayed suture. Amer. J. Surg. N. s. 47, 555—572, 1940.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 100. Bd., 1940, S. 551.)
- Gatta*, Ruggero: Sulla anastomosi latero-terminale dei tronchi nervosi. Arch. Ital. Chir. 48, 155—171, 1938.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 88. Bd., 1938, S. 453.)

* Z.O. = Zentralorgan für die gesamte Chirurgie und ihre Grenzgebiete.

- Gebhardt, Karl*: Zur Frage der Ersatzoperation bei schweren motorischen Nervenschäden. 64. Tagung d. Dtsch. Ges. f. Chir., Berlin, Sitzg. v. 27.—30. III. 1940.
- Giangrasso, G.*: Risultati sperimentali di plastiche con lamina di gomma, praticate in lesioni di nervi. III. Boll. Soc. ital. Biol. sper. 13, 932—933, 1938.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 92. Bd., 1939, S. 2.)
- Giangrasso, G.*: Plastiche a distanza con lamina di gomma in lesioni sperimentali di fasci nervosi. Ann. ital. Chir. 19, 561—588, 1940.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 101. Bd., 1941, S. 184.)
- Gosset, A., et Bertrand, Ivan*: De la moëlle épinière utilisée comme greffon hétéroplastique des nerfs périphériques. Soc. de Chir., Paris, 26. VI. 1935. Presse méd. 1935 II, 1147.
- Gosset, A., et Bertrand, Ivan*: La moëlle épinière utilisée comme greffon hétéroplastique dans les blessures des nerfs périphériques. Recherches clin. et expér. J. de Chir. 51, 481—505, 1938.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 88. Bd., 1938, S. 627.)
- Gosset, A.*: La conduite à tenir en présence de traumatismes atteignant les nerfs. Discussion, soc. de Neurol., Paris, 11. IV. 1940, Revue neur. 72, 660—670, 1941.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 104. Bd., 1942, S. 521.)
- Heidrich (Breslau)*: Die Chirurgie der peripheren Nerven. Aussprache an d. 55. Tag. d. Dtsch. Ges. f. Chir., Berlin, Sitzg. v. 8.—11. IV. 1931.
- Herbig, Barbara*: Enderfolge der operativen Behandlung von Nervenverletzungen. Bruns' Beitr. 166, 414—436, 1937.
- Iselin*: Desinsertion der Muskeln zur Freilegung der großen Nervenstämme an Schulter und Hüfte. Bruns' Beitr. Bd. 57, H. 1, 1917.
— Entwicklungsmechanik als orthopädisches Behandlungsprinzip. Schw. med. Wschr. 1933, Nr. 20, 21, 22 und Verl. B. Schwabe & Co., Basel.
— gemeinsam mit R. Bing: Kausalgie. Schw. med. Wschr. 1934, S. 1041.
- Jalcowitz, A.*: Zur Prognose der operativ behandelten peripheren Nervenverletzungen. Dtsch. Zeitschr. f. Chir., Bd. 199, H. 1/2, S. 31—37, 1926.
- Jaeger, F.*: Die Chirurgie der peripheren Nerven. Münch. med. Wschr. 1941, I, 265—269.
- Julliard, C.*: Les blessures des nerfs. «Praxis» Nr. 9, 1945.
- Koch, K.*: Gibt es eine Prima Reunio nach Nervennaht? (Bratislava). Rozhledy v chir. a gynaekol., Jg. 4, H. 5, S. 193—202, 1926.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 36. Bd., 1927, S. 183.)
- Köstler, Josef*: Ergebnisse des Tierversuches bei vorbereitenden Eingriffen zur Ersatzoperation bei Nervenschäden. 64. Tag. d. Dtsch. Ges. f. Chir., Berlin, Sitzg. v. 27.—30. III. 1940.
- Kraus, Herbert, und Reisner, Herbert*: Behandlungsergebnisse von Verletzungen peripherer Nerven mit besonderer Berücksichtigung der

- Schußverletzungen der Jahre 1919, 1927 und 1934. Arch. klin. Chir. 199, 318—336, 1940.
- Küttner* (Breslau): Die Chirurgie der peripheren Nerven. 55. Tag. d. Dtsch. Ges. f. Chir., Berlin, Sitzg. v. 8.—11. IV. 1931.
- Leriche*, René: Des causes d'échec des sutures nerveuses; moyens d'y pallier. Presse méd. 1940, I, 345—348.
- Leriche*, R.: La conduite à tenir en présence de traumatismes atteignant les nerfs. Discussion, Soc. de Neurol., Paris, 11. IV. 1940. Revue neur. 72, 660—670, 1941.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 104. Bd., 1942, S. 521.)
- Lexer*, Erich: Wiederherstellungschirurgie. Leipzig 1931, S. 427.
- Melkonjan*, G.: Zur Chirurgie der peripheren Nervenstämme. Vestn. Chir. H. 92/94, 89—99, 1933.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 67. Bd., 1934, S. 631.)
- Newbarr*, Frederick D., and *Bruce*, B.: Peripheral nerve lesions, their treatment and prognosis. West. J. Surg. etc. 41, 628—634, 1933.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 66. Bd., 1934, S. 26.)
- Plátáreanu*, M.: Menschenhaare als Material für die Nervennaht. Zbl. Chir. 1943, 35—37.
- Pozzan*, A.: Contributo alla tecnica dell'anastomosi latero-laterale dei nervi periferici. Arch. ital. Chir. 57, 458—482, 1939.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 98. Bd., 1940, S. 275.)
- Pozzan*, A.: Su di una nuova modificazione di tecnica al metodo dell'anastomosi latero-laterale dei nervi periferici. Arch. ital. Chir. 57, 363 bis 376, 1939.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 98. Bd., 1940, S. 354.)
- Sorrel*, E., et *Sorrel*, Déjérine: La conduite à tenir en présence de traumatismes atteignant les nerfs. Soc. de Neurol., Paris, 11. IV. 1940, Revue neur. 72, 649—660, 1941.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 104. Bd., 1942, S. 613.)
- Sozon-Jarochévitch*, A.: Du traitement, sur le front, des blessures de guerre ayant atteint les nerfs périphériques. Chirurgija Nr. 1, 15—23, 1940.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 98. Bd., 1940, S. 416.)
- Stender*, A., und *Klar*, E.: Erfolgsaussichten der operativen Behandlung der Schußverletzungen peripherer Nerven. Der Chirurg, 16. Jg., H. 11/12, 1944, S. 245—262.
- Tönnis*, W., und *Götze*, W.: Zur operativen Behandlung der Schußverletzungen der peripheren Nerven und ihren Erfolgsaussichten. Dtsch. Militärarzt 7, 245—253, 1942.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 106. Bd., 1942, S. 248.)
- Vogel*, Paul: Die Versorgung der nervenverletzten Soldaten. Z. ärztl. Fortbildung 38, 225—230, 253—256, 1941.
- Young*, J. Z., and *Medawar*, P. B.: Fibrin suture of peripheral nerves. Lancet 1940 II. 126—128.
(Zit. nach Ref. im Z.O. 103. Bd., 1941, S. 568.)

